

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

**STUDIE VÝVOJE NOVÝCH TRENDŮ V OBLASTI
NOSITELNÉ ELEKTRONIKY**

**STUDY OF NEW TRENDS DEVELOPMENT IN A SPHERE
OF WEARABLE ELECTRONICS**

KOD / 2009 / 06 / 10 BS

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

Rozsah práce:

Počet stran: 74

Počet tabulek: 1

Počet obrázků: 51

Počet grafů: 4

Liberec 2009

MILENA VETEŠKOVÁ

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 27. května 2009

.....

Milena Vetešková

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala všem lidem, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Jsou jimi jmenovitě prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs, vedoucí mé bakalářské práce a Ing. Rudolf Třešňák, který mi velmi pomohl s experimentální částí práce. Ráda bych také poděkovala všem svým blízkým, kteří mne po celou dobu studia podporovali a měli se mnou trpělivost.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá nositelnou elektronikou, jejím rozdělením a nejvýznamnějšími produkty. Zaměřuje se na oděvy monitorující životní funkce nositele, oděvy s integrovanými klávesnicemi pro ovládání elektronických zařízení, oděvy s fotovoltaiickým napájením nebo na interaktivní oděvy (luminiscenční, měnící barvu, usnadňující komunikaci). Zhodnocuje možnosti budoucího vývoje nositelné elektroniky a jejího dalšího uplatnění.

Experimentální část se zaměřuje na testování funkce speciálního polymerního materiálu s proměnnou vodivostí, který je možné integrovat do oděvu pro využití jako textilní klávesnice.

Klíčová slova

Nositelná elektronika

Inteligentní textilie

Senzory a čidla

Textilní klávesnice

Integrace

Annotation

The bachelor work deals with wearable electronics, its division and the most interesting products. It specialises in clothes monitoring the life functions, clothes with integrated keyboards for controlling of electronic devices, clothes with photovoltaic power supplying or interactive clothes (luminiscent, color changing, communication improving). It reviews the possibilities of the future development of wearable electronics and its further applications.

The experimental part aims at testing of functions of a special polymeric material with varying conductivity, which is possible to integrate into clothes as a fabric keyboard.

Key words

Wearable electronics

Smart textiles

Sensors and detectors

Fabric keyboards

Integration

OBSAH

Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1. Nositelná elektronika.....	11
1.1 Inteligentní textilie.....	12
2. Textilní snímací struktury.....	14
2.1 Jednotlivá vlákna.....	14
2.1.2 Vlákna elektricky vodivá.....	14
2.1.3 Vlákna optická.....	15
3. Integrace komponent do textilu.....	17
3.1 Integrace vláken.....	17
3.2 Vodivé nánosy.....	17
3.3 Integrace elektronických zařízení.....	18
4. Aplikace posledních let.....	19
4.1 Integrace audio a videotechniky do oděvů pomocí textilních klávesnic.....	19
4.2 Oděvy pro zdravotnické účely a snímání fyziologických funkcí.....	28
4.2.1. Projekty na měření funkcí těla podporované EU.....	32
4.3 Nositelná elektronika zajišťující komfort.....	36
4.4 Zábavní a módní nositelná elektronika.....	37
4.4.1 Luminiscenční textilie.....	37
4.4.2 Textilie měnící barvu.....	41
4.4.3 Textilie s tvarovou pamětí.....	43
4.4.4 Fotovoltaické materiály.....	44
4.4.5 Oděvy pro komunikaci.....	46
4.4.6 Textilní displeje.....	49
4.4.7 Ostatní.....	50
4.5. Další výrobky nositelné elektroniky.....	50
5. Možnosti vývoje.....	53
PRAKTICKÁ ČÁST.....	57
6. Experimenty.....	57
6.1 Experiment č. 1.....	57
6.2 Experiment č. 2.....	59
7. Uspořádání oděvu.....	65
Závěr.....	67
Použitá literatura a zdroje vyobrazení.....	69

Seznam použitých zkratk a termínů

Bluetooth	Komunikační technologie, která slouží k bezdrátovému propojení mezi dvěma a více elektronickými zařízeními
BMP	Windows Bitmap – formát pro ukládání rastrové grafiky
CIGS	Copper indium gallium selenide – materiál z mědi, india, galia a selenu pro výrobu solárních panelů
CSEM	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
EEG	Elektroencefalografie – vyšetřovací metoda k sledování činnosti mozku
EKG	Elektrokardiografie – metoda k zobrazování činnosti lidského srdce
EMG	Elektromyografie – vyšetřovací metoda k hodnocení funkce svalů
GIF	Graphics Interchange Format – grafický formát pro rastrovou grafiku
GPS	Global Positioning System – polohový a navigační družicový systém
GTWM	Georgia Tech Wearable Motherboard
IPV	Intimate Partner Violence Clothing System
Java	Programovací jazyk na software pro různá el. zařízení (mobilní telefony)
JPEG	Formát pro ukládání rastrových obrázků se ztrátovou kompresí
LED	Light-Emitting Diode – světlo vyzařující (elektroluminiscenční) dioda
Li-Ion	Lithium-iontový akumulátor
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems - Mikroelektromechanické systémy
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MP3	Formát zvukových souborů se ztrátovou kompresí
OLED	Organic Light-Emitting Diode – Organická elektroluminiscenční dioda
PCM	Phase Change Material – materiál měnící svou fázi
PDA	Personal Digital Assistant – malý kapesní počítač
QTC	Quantum Tunnelling Composite – kompozitní materiál s efektem kvantového tunelování
QWERTY	Nejběžnější rozvržení klávesnice počítače nebo psacího stroje, pojmenované podle prvních šesti písmen horní řady klávesnice
SIDS	Sudden infant death syndrome – Syndrom náhlého úmrtí kojenců
SMS	Short message service – textová zpráva mobilních telefonů a jiných zař.
USB	Universal Serial Bus – způsob připojení periférií k počítači
WiFi	Standard pro lokální bezdrátové sítě

Úvod

Během několika posledních let prošly textilie značným vývojem. Se zvyšováním požadavků uživatelů získaly nové funkce a vlastnosti, jako je schopnost měnit tvar, barvu, strukturu, regulovat teplotu, dávkovat léčiva nebo působit jako membrána. Textilie již dokážou reagovat na okolní podmínky. Začleněním vodivých struktur a elektronických zařízení mohou přenášet informace, sloužit jako prostředky komunikace, senzory, spínače nebo třeba jako nosiče multimediálních technologií.

V době, kdy textilní průmysl upadá vlivem nekvalitních levně vyráběných asijských oděvů, se inteligentní textilie staly jedním z nejperspektivnějších textilních odvětví. Ačkoliv se to zpočátku mohlo zdát nepravděpodobné, tento druh textilií nachází stále širší okruh uplatnění a pro uživatele by se tak již brzy mohl stát běžným. Zákazníci totiž od svých oděvů požadují kvalitu a očekávají od nich častěji něco víc, než může nabídnout běžná oděvní konfekce.

Lidé používají stále více a více osobních elektronických zařízení. Mobilní telefony, PDA nebo MP3 přehrávače tvoří ve spoustě případů nezbytnou součást jejich života. Vyústěním tohoto trendu se stalo jejich propojení s běžně nošenými oděvy, což nabídlo pohodlné řešení, jak elektronická zařízení pohodlně a módně ovládat. Firmy do svých výrobků začaly zakomponovávat prvky jako ohebné textilní klávesnice, solární články pro dobíjení elektronických přístrojů nebo třeba sluchátka pro poslouchání hudby přímo obsažená v kapuci bundy. Umístění těchto prvků se volí tak, aby bylo ovládání co nejpřirozenější a plnilo danou funkci, tedy solární panely na ramenech pro zachycení nejvíce slunečního světla nebo klávesnice na rukávu oděvu pro ovládání druhou rukou.

Některé, především módní, oděvy dokážou díky senzorům určit interakci nositele s okolím, jeho náladu a pohyby a podle toho se měnit. Šaty se prodlužují a zkracují, mění barvu nebo svůj tvar. Tyto oděvy slouží především pro zábavu a nositel je díky nim schopen originálně vyjádřit svou osobnost. Do šatů se umisťují panely z LED, které mohou promítat jednoduché animace nebo text podle zadání nositele. Elektronické oděvy této oblasti vytvářejí hlavně módní designéři.

Původně se elektronické textilie vyvinuly pro snímání fyziologických funkcí osob. Určité oděvy přímo protkané optickými vlákny jsou schopné určit rozsah zranění vojáků při vojenských akcích, snímat jejich tep srdce, krevní tlak, okysličení krve, ale i polohu těla nositele, zeměpisnou pozici a mnoho dalších údajů. Data se průběžně

odesílají a velitel akce je díky nim schopen rozhodnout, komu na bojišti má obstarat pomoc nebo může posílat konkrétní příkazy. Tyto oděvy jsou vhodné i pro dlouhodobě nemocné pacienty, osoby po operaci nebo novorozence. Lékaři sledují jejich stav na dálku a poskytují tak celodenní kontrolu jejich zdraví, aniž by pacienti museli pobývat v nemocnici.

Na vývoji nových technologií na poli nositelné elektroniky se podílí mnoho odvětví a výzkumných laboratoří – textilní firmy vyvíjející textilie s novými vlastnostmi, lékařské instituty, komunikační společnosti, firmy vyrábějící elektronické součástky nebo polymerní materiály, softwarové společnosti, ale i designéři a módní značky. Některé výzkumy dokonce dotuje Evropská Unie nebo vláda Spojených států.

Tato práce si klade za cíl vymezit oblasti využití nositelné elektroniky spolu s nejvýznamnějšími nebo nejzajímavějšími produkty poslední doby a zhodnotit možnosti budoucího vývoje této oblasti. V experimentální části je popsáno testování materiálu QTC (Quantum Tunnelling Composite) od firmy Peratech, jehož vodivost je proměnná v závislosti na míře stlačení.

TEORETICKÁ ČÁST:

1. NOSITELNÁ ELEKTRONIKA

Jak již bylo zmíněno v úvodu, výrobky nositelné elektroniky vznikají kombinací textilu a elektronických komponent. Díky trendu miniaturizace se elektronické komponenty stále zmenšují, a tak dnes při zabudovávání do textilu veskrze nepůsobí rušivě. Textilie poskytují vlastnosti jako splývavost, pevnost, prodyšnost nebo savost, elektronika zvládá logické operace nebo třeba bezdrátový přenos informací. Kombinace zmíněných druhů materiálů, kdy každý získává dobré vlastnosti toho druhého, vede k silnému nástroji na obou polích využití – u oděvního i elektronického průmyslu. [1]

Úroveň sloučení textilu a elektroniky se rozlišuje na dvě základní skupiny – na oblékací a oděvní elektroniku:

Pojmem **oblékací elektronika** se značí zařízení, která jsou vyrobena z běžných netextilních tuhých materiálů (plast, kovy...). Tato zařízení jsou integrována pasivně, to znamená, že textilie je pouze jejich nosičem. Bývají umístěna nejčastěji v kapsách oděvu. Tento druh integrace je nevýhodný zejména proto, že jsou zařízení neohebná a neposkytují fyziologický komfort. Kabeláž, která propojuje jednotlivé komponenty, snižuje pohyblivost nositele.

Do výše uvedené skupiny se řadí i oblékací počítače (wearable computers), což jsou tuhá zařízení, která využívají tvar a vlastnosti lidského těla. Jsou uživateli přizpůsobená do té míry, že je může snadno ovládat při chůzi nebo jiných činnostech. Mohou to být například inteligentní sluneční brýle, které slouží jako displej počítače, náramky promítající klávesnici mobilního telefonu na ruku, helmy s rádiem a GPS a jiná oblékací zařízení s elektronickými funkcemi. [1,2]

U výrobků **oděvní elektroniky** je integrace posunuta až na úroveň struktury materiálů. Elektrické obvody bývají do materiálu vetkávány, vyšívány nebo třeba natištěny na jeho povrch. Mají podobu přízí s kovovými vlákny, vodivých polymerů, inkoustů. Jsou neodstranitelnou součástí oděvu, takže se s oděvem i perou (odtud pojem washable computers) a splňují fyziologické požadavky. Do této kategorie patří pro příklad textilní klávesnice. Do oděvů bývají integrovány senzory, akční členy, kontrolní jednotky nebo komunikační rozhraní. [1,3]

1.1 Inteligentní textilie [1,3]

Pro nositelnou elektroniku jsou využívány inteligentní textilie, ať už se jedná o běžnou elektroniku připevněnou k materiálu nebo o materiály s obvody integrovanými přímo do své struktury. Inteligentní neboli Smart textilie jsou struktury, které mají schopnost vratně reagovat na vnější podněty a podmínky. Těmito podněty jsou například záření, mechanické podněty, pole (magnetické, elektrické), chemické podněty - pH (zásadité, kyselé), teplota. Smart textilie na ně mají vratné reakce. Tím může být například změna barvy či tvaru. Ačkoliv jsou schopny vyhodnotit stav okolí, nedokážou vybrat z různých způsobů reakce.

Inteligentní textilie patří mezi textilní materiály, které se rozvíjejí velmi rychle, narozdíl od běžných („stupid“) textilií. Je to tím, že jejich vlastnosti jsou využitelné v mnoha aplikacích - od funkčních textilií přes módní oděvy až po složité struktury používané ve vojenství nebo lékařství.

Podle úrovně reakce můžeme Smart textilie rozdělit do těchto skupin:

Pasivní Smart textilie – tyto textilie dokážou pouze detekovat stav okolí, vnější podněty a podmínky. Jsou to tedy čidla a indikátory. Mohou to být například optická vlákna, která jsou citlivá na tlak, deformaci, chemikálie, elektrický proud, magnetické pole (...) a zároveň dokážou přenášet světelný signál.

Aktivní Smart textilie – tyto textilie podněty nejen detekují, ale jsou schopny na ně i reagovat.

Mohou to být například:

- Textilie s tvarovou pamětí – podle působení teploty vratně mění tvar.
- Chameleonní textilie – podle působení různých podnětů mění barvu.
- Textilie regulující teplo – podle změn teploty okolí teplo buď vytvářejí nebo ukládají (zásobníky tepla, PCM – materiály měnící fázi).
- Textilie stabilizující teplotu – zajišťují tím komfort.
- Textilie proměnně prodyšné a propustné pro vodní páry – slouží jako membrány.

Ultra Smart (Super inteligentní, vysoce aktivní) textilie – Tyto textilie změny vnějšího okolí nejen indikují, ale jsou schopny na ně i reagovat a přizpůsobit se jim.

Oděvní a oblékací elektronika se řadí mezi pasivní smart textilie, protože jsou její inteligentní vlastnosti zajišťovány systémy umělé inteligence (počítači). [1] Přesto mohou výrobky nositelné elektroniky ve svých strukturách využívat i aktivní inteligentní textilie. Podněty, které mění vlastnosti aktivních textilií, mohou být totiž uměle vyvolány například dodáním teploty ohřívacím zařízením, které je integrované v elektrickém obvodu textilie.

2. TEXTILNÍ SNÍMACÍ STRUKTURY

Vláknová čidla se využívají pro sledování a určování změn prostředí. Textilní snímače slouží k určování polohy (například u textilních klávesnic) nebo jako spínače, citlivé zejména na působení mechanické síly. [1]

Senzory umožňují spojení mezi textilií a uživatelem. Zachycují podněty lidského těla nebo okolního prostředí. Jsou to malá elektronická zařízení přeměňující veličinu na elektrický signál. Mohou být k textilií buď připevněné nebo včleněné do textilního substrátu. [4]

2.1 Jednotlivá vlákna [1]

Pro aplikace nositelné elektroniky se může používat několik druhů vláken. Vzhledem k tomu, že se v těchto oděvech musí vytvořit elektrický obvod, je nezbytné používat hlavně vlákna vodivá. Ta se spolu s optickými vlákny hodí pro použití i na textilní čidla a snímače. Vodivost je základním požadavkem jejich funkce. Další vlákna se volí podle druhu produktu. Pokud jím má být třeba vesta se senzory fyziologických funkcí, je zapotřebí, aby přiléhala k tělu, což zajistí elastická vlákna.

2.1.2 Vlákna elektricky vodivá [1,5]

Vlákna, která vedou elektrický proud, se využívají ve většině aplikací nositelné elektroniky. Jejich přidáním do struktury textilie se mohou vytvářet elektrické obvody. Mohou tak být přímo spojeny se senzory a ostatními prvky bez použití kabeláže.

Běžná vlákna bývají veskrze elektrickými izolátory. Existují však i polovodiče a vlákna vodivá, díky nimž může textilie vést elektrický proud. Vedení proudu u vodičů způsobuje pohyb elektricky nabitých částic ve vodivostním pásu. Pro toto vedení není třeba zvyšovat teplotu vláken.

Polovodiči mohou být některé druhy polymerů. Vodivost u nich nastává tak, že elektrony z valenčního pásu atomu přeskochí do pásu vodivostního. Musí při tom překonat úzký zakázaný pás. K tomu je zapotřebí určité množství energie - vodivost u těchto polovodičů tedy nastává při zvýšení teploty a s dalším zvyšováním roste.

Souhrnně lze pro vedení proudu použít dvou druhů materiálů, a to vlákna **kovová** nebo **polymerní**. Tenké příze z kovových vláken (měď, stříbro, zlato, ocel...) se využívají ve formě tkaniny, kde můžou tvořit osнову, útek nebo obě soustavy vláken.

Kovová vlákna se mohou používat jako indikátory změny teploty. Je možné použít také vláken pokovovaných, nit z polymeru obtočenou kovovými drátky a nebo vrstvičku kovu nanesenou na materiál. Jako polymerní vlákna pro vedení proudu se používají polyamidy (PA 6.6 - Nylon).

2.1.3 Vlákná optická [1,6]

Optická vlákna jsou u nositelné elektroniky využívána hlavně pro monitorování a určování změn vnějšího prostředí, tedy jako vláknová čidla. Dokážou určovat změnu teploty, přítomnost polí (elektrické, magnetické...), mechanické působení sil, výskyt chemických nebo biologických látek (...) a tyto údaje spolu s optickým signálem přenášet. Poslední zmiňovaná vlastnost je užitečná zejména při použití na oděvy pro armádu, které jsou schopné varovat před výskytem nervových plynů nebo bojových toxických látek, ale hlavně dokážou určit rozsah zranění vojáků. Optická vlákna mohou sloužit jako snímače polohy, kdy se stlačením textilie na určitém místě změní dráha paprsků a je tak zřejmé, kde byla textilie deformována.

Vlákná se skládají se hlavně z křemíku (SiO_2) nebo speciálních polymerů. Polymerní vlákna se používají pro přenos na krátké vzdálenosti (do 100 m). Tato vlákna mají lepší mechanické vlastnosti v ohybu a nízkou cenu. Obecně jsou optická vlákna pevná, mají nízkou hmotnost a vysokou přenosovou rychlost. Dokážou přenášet světelnou energii na vzdálenost několika kilometrů.

Pro přenos informace se musí elektrický signál nejprve zpracovat na signál optický. Zdroj světla (laser nebo LED) pak vyšle signál, který na konci vlákna zpracuje fotodetektor. Ten pak optický signál opět převádí na elektrický.

Vlákno se skládá z vnitřní vrstvy (vlnotvorného jádra) a jednoho a více plášťů. Energie se šíří vnitřní vrstvou vlákna ve formě vidů (modů).

Podle šíření energie procházející jádrem se optická vlákna dělí na:

Jednovidová s konstantním nebo proměnným indexem lomu – Tato vlákna jsou nejvýhodnější pro přenos informací na dlouhé vzdálenosti. Mají malý průměr jádra a malý rozdíl indexu lomu mezi jádrem a pláštěm, a tak se jádrem šíří pouze jeden vid v ose vlákna. Nedochází tak ke zkreslení signálu a vlákna mohou přenášet informace na dlouhé vzdálenosti. Jejich nevýhodou je složitá výroba a obtížné spojování s ostatními komponenty.

Mnohovidová s konstantním indexem lomu jádra (stepindexová) – Tato vlákna jsou širší a přenášejí vysoký počet vidů. Změna indexu lomu je způsobena rozdílným složením jádra a pláště nebo potažením jádra pláštěm z plastické hmoty s nižším indexem lomu. Výhodná jsou proto, že jsou výrobně nejméně náročná. Jejich nevýhodou je zejména spojení na dlouhé vzdálenosti. Vidy se rozptylují různými směry a každý se šíří jinou rychlostí, a tak některé z nich dorazí na konec vlákna se zpožděním. Tato vlastnost snižuje celkovou přenosovou rychlost a vlákna mohou přenášet informace spíše na kratší vzdálenosti.

Mnohovidová s proměnným indexem lomu (gradientní) – Tato vlákna mají plynulý index lomu. Nejvyšší je v ose vlákna a směrem ke krajům klesá. Nedochází ke zpoždění určitých vidů. Nevýhodou je hlavně složitá výroba.



Obr. 1: Průřez optickými vlákny [6]

3. INTEGRACE KOMPONENT DO TEXTILU

Pro potřeby nositelné elektroniky mohou být vodivé komponenty propojeny s podkladovou textilií několika možnými způsoby. Od používání elektronických kabelů se upouští kvůli jejich rozměrnosti, neskladnosti a také tolik nesplňují fyziologické nároky na komfort. Oproti vodivým vláknům jsou kabely tužší a méně ohebné. Kromě vláken se do textilu mohou začleňovat i elektronické jednotky nebo celá elektronická zařízení.

3.1 Integrace vláken [5,7]

Vlákna s požadovanými vlastnostmi (vodivost) se do textilie mohou integrovat běžnými technologiemi, které se používají na výrobu plošných textilií. Mají však své omezující vlastnosti, kterým je nutné se přizpůsobit. Kupříkladu nitě z kovových vláken jsou křehké a v ostrých úhlech při vytváření oček některých vazeb pleteniny by se vlákna mohla snadno zlámat. V tomto případě je tkanina vhodnější než pletenina, protože nitě mají při křížení tupé úhly. U pleteniny se mohou integrovat jako podložené nitě.

Dalším druhem integrace vodivých nití se základovou textilií je šití a vyšívání. Je však nutné zvolit takovou nit, která snese rázové natahování a namáhání v očku jehly.



Obr. 2: Vyšívané vedení [3]

3.2 Vodivé nánosy [5]

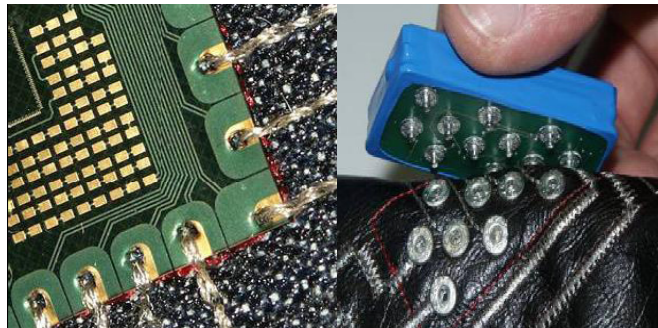
Kromě vodivých textilií se strukturou tkaniny nebo pleteniny se na povrch textilie mohou nanést vodivé vrstvy barvy v kapalně formě, které obsahují kovy (Cu, Ni, Ag, Au, Al, C). Nános musí být přiměřeně tlustý, aby byla zajištěna dostatečná vodivost, ale zase ne tolik, aby nebyla textilie tuhá. Narozdíl od tkanin s kovovými vlákny jsou textilie upravené touto povrchovou úpravou ohebnější a mají dobré fyziologické vlastnosti.

3.3 Integrace elektronických zařízení [8,9]

Do textilních materiálů se dají připojit externí elektronická zařízení - procesory, napájení, datové jednotky... Sbírají informace získané čidly a snímači a jsou schopné je vyhodnotit, v závislosti na tom vydat příkaz k reakci aktivním prvkům (například aby nadávkovaly léčiva) nebo je bezdrátově odeslat do určeného centra, komunikovat atd.

Obecným trendem v elektronice je miniaturizace a u použití v oděvech to platí dvojnásob. Používají se proto mikroelektromechanické systémy (MEMS), které by svými rozměry (cca 3 mm) a hmotností neměly zabraňovat nositelnosti oděvu. Součástky těchto senzorů mají velikost na úrovni nano-. Skládají se z křemíku, jsou energeticky nenáročné a díky vyrábění ve velkém jsou levné.

Začlenění elektronických zařízení do textilu se může provádět šitím, lepením vodivými lepidly, pájením měkkými kovy. Pájení je kvůli používanému materiálu (Sn, Pb) zdravotně závadné, hodí se tak spíše na neoděvní výrobky. Zařízení připevňovaná do oděvů těmito druhy spojování se nedají jednoduše sundávat, proto musí být pratelná. Pro zařízení, která se prát nedají, se musí zvolit takový způsob, aby se mohly sundávat a po praní zase připevnit.



Obr. 3: a) Začlenění šitím, b) dočasné spojení textilie a elektr. zařízení [3]

4. APLIKACE POSLEDNÍCH LET

Během několika posledních let bylo vytvořeno velké množství výrobků nositelné elektroniky. Ty jsou v tomto výčtu rozděleny do několika skupin. Tyto skupiny se však mohou prolínat, a to hlavně díky tomu, že výrobky kombinují různé technologie a materiály, a tak se mezi jednotlivými skupinami může mazat hranice. Rozdělení je tedy založeno podle hlavního účelu využití nebo druhu použitého materiálu.

4.1 Integrace audio a videotechniky do oděvů pomocí textilních klávesnic

Integraci audio a videotechniky do oděvů zlepšují hlavně textilní klávesnice. Ovládají určené zařízení (MP3, PDA, mobilní telefon) pohodlně, aniž by se muselo vyndávat z kapsy. Je možné je umístit například na rukávy oděvů. S elektronickými zařízeními jsou klávesnice propojeny pomocí bezdrátového rozhraní Bluetooth a i v dnešní době stále ještě uzpůsobenou kabeláží. Textilní klávesnice jsou výhodné zejména pro svou skladnost – dají se srolovat a mají tak velmi malé rozměry. Jsou však také designovou záležitostí.

Musical Jacket [1,10,11]

První projekt textilní klávesnice byl uskutečněn už v roce 1995, a to vědeckou skupinou z laboratoře MIT Media Lab na Massachusetts Institute of Technology ve spolupráci s firmou Philips. Vědci použili bundu Levi's, ze které vytvořili nositelný hudební nástroj složený z klávesnice, syntetizátoru a reproduktoru. Jedná se tedy o elektroniku zasazenou do již existujícího výrobku. Klávesnice je vyšitá nad levou kapsou bundy. Skládá se z vodivé příze (kompozitní nit z oceli a polyesteru) a každá číslice je vyšita vlastní nití. Speciální steh zajišťuje, že se každá nit se dotýká sama sebe ve velkém množství míst. Tolik průsečíků zvyšuje celkovou vodivost obvodu. Číslice jsou propojeny se základní deskou, umístěnou na vnitřní straně oděvu. Na obrázku č. 4 je tato deska zobrazena v popředí, aby byla vidět propojení. Klávesnice je flexibilní a pratelná.

Klávesnice funguje jako ovladač zvuků. Místo dotyku je určeno na základě čidla kapacity elektrického náboje. Po stisknutí vysílá signál procesoru. Vedení je vyšito na vnitřní straně bundy. Signál projde syntetizátorem a následně je přehráván reproduktory, umístěnými v kapsách bundy.

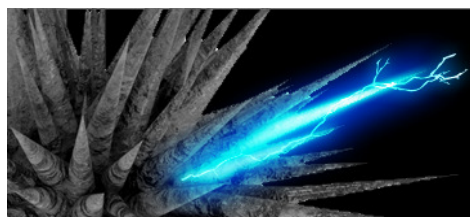


Obr. 4: a) Musical Jacket, b) detail vyšité klávesnice [11]

QTC (Quantum Tunnelling Composite) [12,13,14]

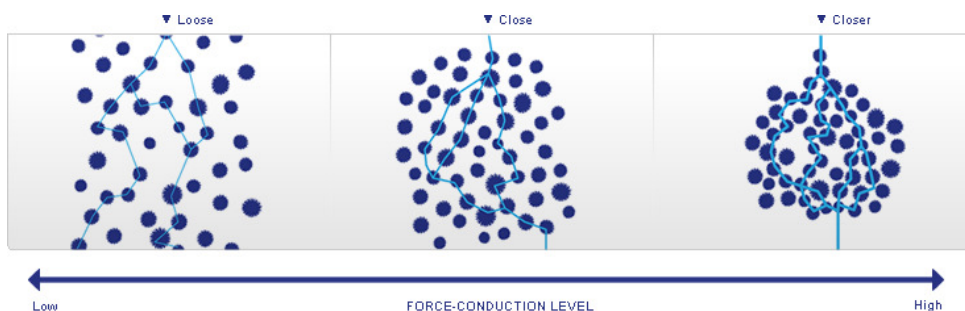
QTC je materiál, který vyvinula firma Peratech. Funguje jako senzor deformace (tlaku, dotyku, ohybu, krutu...). Dají se z něj tedy vytvořit textilní klávesnice. Je elektricky vodivý, přičemž princip je takový, že po stlačení se původně elektrický izolátor přemění na vodivý materiál. Vodivost způsobují kovové částčky v kompozitu s elastomerním materiálem. Způsobem, kterým jsou tyto suroviny kombinovány, vznikají kompozita s odlišnými elektrickými vlastnostmi, než které mají běžné elektricky vodivé materiály. U těchto běžných kompozit jsou uhlíkové částčky v kontaktu s ostatními a vytvářejí tak vodivou síť. Při stlačení se navzájem dotýká více částček a vytvoří se tak více vodivých cest.

U QTC jsou kovové částčky nepravidelně rozptýlené v silikonovém kaučuku, který je navzájem izoluje – částčky se nedotýkají, a to ani při stlačení. Na povrchu částček jsou hroty, ve kterých se shromažďuje elektrický náboj. Hroty svou délkou také zmenšují tloušťku bariéry.



Obr. 5: Hroty kovových částček shromažďující náboj [12]

Čím více je materiál stlačován, tím menší vzdálenosti jsou mezi kovovými částčkami. Jsou tak menší bariéry pro průchod proudu a v přímé úměrnosti se také snižuje množství náboje na hrotech částček, který je potřebný pro průchod materiálem. Tento princip zajišťuje proměnnou vodivost (viz obrázek č. 6) a nazývá se kvantové tunelování.



Obr. 6: Proměnná vodivost v závislosti na stlačení materiálu [12]

Elektrony musí mít samozřejmě dostatečnou kinetickou energii, aby mohly překonat tuto nevodivou bariéru. Průchod elektronů bariérou je umožněn díky vlnovým vlastnostem elektronů. Vlna není při styku s bariérou okamžitě vyrušena, nýbrž slábne spolu s narůstající tloušťkou nevodivé vrstvy. Pokud nevyčerpá veškerou energii v průběhu průchodu jednou bariérou, pravděpodobně projde všemi dalšími bariérami, tedy celou vrstvou materiálu. Odtud vychází slovo „Tunnelling“ v názvu, tedy proražení či protunelování se vrstvou. Dle výše uvedeného je zřejmé, že množství těchto „tunelů“ skrz materiál musí záviset na tloušťce a vlastnostech vrstvy a na energii elektronů.

Materiál je závislý na míře deformace a podle toho se také i elektrická vodivost pohybuje v různém rozmezí. Touto vlastností se zásadně liší od zmiňovaných uhlíkových vodičů, kde elektrická vodivost není proměnná v závislosti na síle stlačování. Další výhodou je citlivost materiálu - vyvinutí elektrické vodivosti materiálu QTC je možné za mnohem menších deformací, jako běžné funkční rozmezí se udává cca 0,1 až 60 N, snese však až 100 N. Dalšími základními vlastnostmi jsou pevnost, snadná tvarovatelnost či odolnost vůči vyšším teplotám.

QTC se dá aplikovat jako jednoduchý spínač, kdy se stlačením uzavře obvod nebo jako senzor odporu vyvinutého při stlačování spínače. Se silnějším stlačováním se zvyšuje elektrický proud a snižuje odpor. Podle druhu aplikace se QTC vyrábí ve formě malých čtverečků, tenkých plátek nebo kabelů.

Možnosti využití QTC

Využití QTC je velmi rozsáhlé, od oděvů po netextilní technické aplikace. Materiál je do výrobku přímo zabudován, může tvořit jednu z jeho vrstev nebo může obalovat výrobek ze vnějšku. Část níže uvedených příkladů je zatím pouze potenciální,

je však pravděpodobné, že se alespoň některé z těchto výrobků začnou produkovat sériově a stanou se naprosto běžnými produkty.

Ve sportu se QTC může využít jako jedna z vrstev běžecké obuvi, kde se podle otisku lidské nohy hodnotí správnost držení těla a komfort obuvi v závislosti na rozložení tlaku chodidla. Například při šermu vesta z QTC určí zásah a boxovací panáci potažení materiálem vyhodnocují sílu úderu, ať už vizuálně nebo zvukově pomocí přidaného zařízení. Tato data v elektronické podobě mohou být sesbírána a později vyhodnocena.

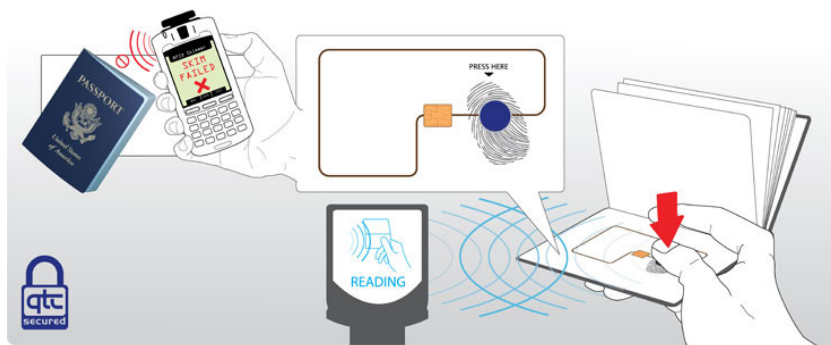
Ve zdravotnictví se materiál může používat na manžety přístrojů na měření tlaku. Manžeta dokáže určit, zda byl vyvinut dostatečný tlak, při kterém se dá měření provádět. QTC je vhodný také na měření dýchání, kdy je materiál ve formě pásů obtočen kolem hrudníku a břicha pacienta a měří se rozdíl objemu těla při nádechu a výdechu. Může se měřit tlak těla dlouhodobě ležícího pacienta. Výrobce dále uvádí jako příklad třeba měření tlaku amputované končetiny při zasazení do protézy za účelem vyššího komfortu uložení končetiny v protéze.

Z QTC mohou být interaktivní tabule, na které se dá psát či kreslit prstem. Může být součástí počítačové myši nebo joysticku, kde detekuje stisk tlačítek. Podle tlaku stlačení je pak proměnná například tloušťka čar v grafických programech. Dá se také využít pod různé druhy tlačítek, kde snímá jejich stisk, nebo do obrazovek mobilů s dotykovým (touch LCD) displejem. U textilních hraček materiál po stisku reaguje podle přidaného zařízení, tedy například zvukem, vibracemi nebo světlem.

Zajímavé potenciální využití je u náradí. Příkladem je pila, jejíž obě madla jsou vybavena QTC senzory, které vnímají, zda je uživatel drží. Aby se alespoň částečně předešlo úrazům, pila funguje pouze tehdy, pokud uživatel drží madla oběma rukama.

Malý kousek QTC umístěný na pracovních oděvech dokáže podle vlnových délek rozpoznat nadměrné množství radiace a toto zvoleným způsobem signalizuje.

Řada výrobků linie QTC Secured v budoucnosti může sloužit pro zajištění bezpečnosti při používání platebních karet, cestovních pasů a jiných zneužitelných osobních dokumentů. Tedy například kreditní karta je vybavena QTC senzorem na snímání otisku prstu. Karta má v sobě zabudovaný jednoduchý otevřený elektrický obvod a jsou v ní nahrána data o otisku prstu majitele. Majitel přiloží prst na určené místo karty. Ta ověří správnost otisku, obvod se tím uzavře a karta je schopna provozu. Při použití neoprávněnou osobou se obvod neuzavře a karta v tomto případě není provozuschopná (viz obr. 7). [15]

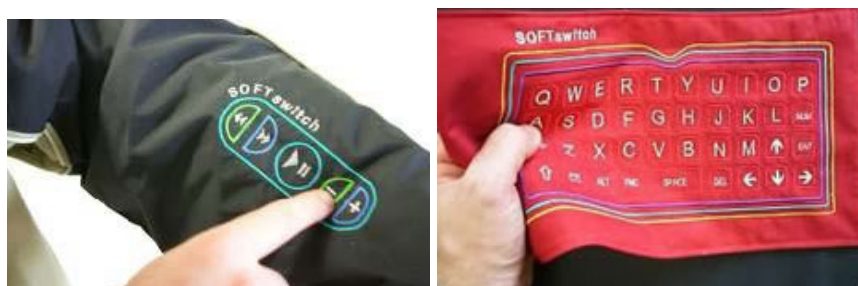


Obr. 7: QTC jako bezpečnostní prvek platebních karet [12]

Firma Peratech spolupracuje s řadou ústavů, které začleňují materiál QTC do svých výrobků, ať už jde o vládní instituce (NASA, armáda) nebo firmy (Shadow Robotics, ZegnaSport, O'Neill, Scottevest, Marks and Spencer, Urban Tool atd.). Speciálně pro možnosti začlenění Apple iPodů do konzumních oděvů a tašek vznikla odnož firmy Peratech – QIO Systems. Je spojením firem Eleksen a Softswitch, které vyrábějí textilní klávesnice.

Klávesnice SOFTswitch [12]

Značka SOFTswitch se od roku 2001 specializuje na textilní spínače a klávesnicové ovládací systémy. Pro ně používá materiál QTC. Spolupracovala s firmami Apple (iPod) a Burton (sportovní oděvy), jejichž výrobky v roce 2002 zkombinovala a obohatila je svými spínači, z čehož vznikla bunda iPod Jacket.



Obr. 8: a) Klávesnice integrovaná do rukávu [16], b) Tkaná QWERTY klávesnice [3]

Firma vyvíjí textilní ovladače i na produkty jako jsou televize, osvětlení nebo pro ovládání teploty.



Obr. 9: Ovladač na televizi zabudovaný v opěrci křesla [16]

ElekTex [17]

ElekTex je hlavní technologií značky Eleksen. Je to flexibilní elektricky vodivý textilní materiál, který vnímá deformaci. Dokáže rozpoznat kde, do jaké míry a v jakém směru je stlačen a dle náležitého místa vyslat připojenému zařízení příkaz k reakci. Místo stlačení je vyhodnoceno dle pozice v kartézské soustavě souřadnic (x,y) a síla stlačení vede ve směru osy z. ElekTex se skládá z pěti vrstev, z toho jsou první, třetí a pátá vrstva vodivé a druhá a čtvrtá vrstva jsou částečně vodivé. Takovéto uspořádání vede k tomu, že když je materiál ponechán v klidu, chová se jako izolátor. Při stlačení se vrstvy přiblíží a prostřední vrstvy (které jsou v nezátíženém stavu izolátory), začnou vést proud. Vodivá vlákna, která se nachází ve středních vrstvách, se po stlačení vzájemně dotýkají, a tak vytvoří vodivý průchod centrálními vrstvami. Díky vyvinutému tlaku se centrální vrstvy dostanou do kontaktu s vodivými vrstvami, čímž se uzavře obvod a materiálem prochází elektrický proud.

Textilní klávesnice z materiálu ElekTex jsou obdobou plastových klávesnic. Textil jako výrobní materiál jim však zajišťuje výhodné vlastnosti - jsou lehké (šestitlačítkové klávesnice na obrázku č. 10 jsou tlusté 1 mm a váží 8 g), ohebné, omyvatelné a narozdíl od plastu mají dobré fyziologické vlastnosti a kvůli tomu všemu jsou jednoduše začlenitelné do oděvů. Díky tomu, že se dají rolovat, jsou skladné.



Obr. 10: Základní deska jednodušší textilní klávesnice z materiálu ElekTex [17]

S externím zařízením, které mají ovládat, jsou spojeny uzpůsobenou kabeláží (u iPodů) nebo pomocí rozhraní Bluetooth (u mobilních telefonů). Klávesnice pracuje s hodnotami napětí přibližně 5 V. Může být ve formě jednodušších spínačů nebo jako náročnější klávesnice reagující na směr stlačení. Dá se vytvořit i textilní varianta běžné počítačové QWERTY klávesnice se všemi tlačítky. Aktivní oblast tlačítek se může pohybovat od nejmenších 1 mm² do plochy přesahující 1 cm².

Senzory se skládají se z polyesteru se stříbrnými vlákny. Každý z nich může plnit několik funkcí, mezi kterými se dá přepínat. Dá se tedy použít zároveň jako klávesnice, ovladač zařízení nebo kreslicí tabule.

Integrovat klávesnici do oděvu lze běžnými způsoby spojování – šitím, lepením, svařováním. Materiál ElekTex funguje i když je překryt vrstvou silné látky. Může se prát na 40°C a sušit v bubnové sušičce. Nezničí se ani při silném zmáčknutí a zkroucení.



Obr. 11: Textilní QWERTY klávesnice [17]

Tactex [18,19]

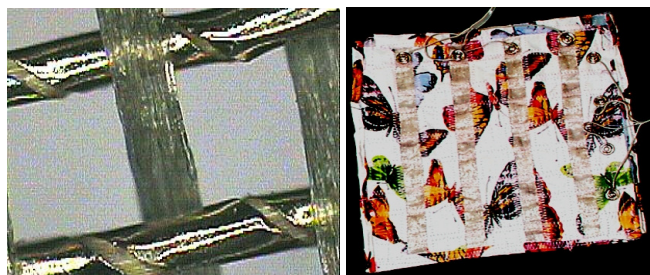
Firma Tactex Controls Inc. také vyvinula materiál, který lze použít na výrobu textilních klávesnic. Základem je Kinotex, materiál citlivý na dotek a jeho sílu, jenž se ovládá prstem. Hlavní element materiálu (zvaný taxel) se skládá z pěnového snímacího povrchu (polyuretan nebo silikon), k němuž vedou dvě optická vlákna. Jedno vlákno slouží jako vysílač a druhé jako přijímač. Zdroj (LED) vytváří dané množství světla, které je vysílacím vláknem vedeno k taxelům. Při dotyku taxelu se omezí světlo v daném místě. Každý dotčený taxel vyšle informaci o změně množství světla zpět světelnému senzoru, což bývá fotodioda. Ta to vyhodnotí jako změnu tlaku a určí místo. Materiál rozezná pohyb ve směru x, y, z. Taxely se mohou používat jako jednoduché bodové senzory nebo můžou být seskupeny a vzniká tak větší pole.

Tkaná klávesnice od MIT Media Lab [1,11]

Dalším principem, který vytvořila MIT Media Lab, je klávesnice je vytvořená z tkané soustavy nití, konkrétně použitím plátnové vazby. Jedna soustava nití se skládá ze souběžných hedvábných nití a hedvábné příze v druhé soustavě jsou spirálovitě obtočeny tenkou měděnou fólií. Tato nit je díky přítomnosti kovové složky vysoce vodivá. Souběžné vodivé nitě vrstvy jsou odsazeny v takových vzdálenostech, aby se nedotýkaly navzájem (obr. 12 a).

Pro využití na klávesnice se používají dvě vrstvy tkaniny, mezi nimiž je vložena nevodivá polyamidová síťka. První vrstva má vodivá vlákna umístěná ve směru osnovy a druhá v útku. Po stlačení určeného místa se propojí útkové a osnovní vodivé sítě přes volný prostor sítě nevodivé vrstvy, a tak je možné určit místo stlačení. Jednotlivé nitě vrstev jsou propojeny s dalšími elektronickými komponenty (LED, vedení atd.), které reagují na spojení vrstev.

Na obrázku 12 b) je vidět klávesnice založena na principu podobném soustavě vodivých a nevodivých nití. Místo nich je však vyrobena ze soustavy proužků látek.



Obr. 12: Tkaná klávesnice na bázi: a) vláken, b) proužků látky [20]

Audex [21,22]

Bunda Audex vznikla ve spolupráci firmy Burton, která vyrábí snowboardová prkna a oděvy pro zimní sporty a firmy Motorola, která se zabývá komunikační technologií. Bunda patří mezi ty oděvy, kde elektronická zařízení nejsou integrována přímo do struktury látky, nýbrž oděv slouží jako jejich nositel. Ovládací panel a ostatní komponenty jsou z pevného materiálu (plastu). Vedení ve formě kabeláže a všechna zařízení se tedy musí před praním vyjmout.

Bunda Audex slouží jako ovladač připojených elektronických zařízení – umožňuje nositeli poslouchat hudbu a používat mobilní telefon. Sluchátka jsou integrována v kapuci, bezdrátový mikrofon ve vrchní části předního límce. S mobilním telefonem nebo PDA je spojena taktéž bezdrátově, pro zapojení iPodu má konektor.

Zařízení jsou umístěna ve vnitřních kapsách bundy. Mohou být připojena zároveň – když má uživatel příchozí hovor, hudba se zastaví a uživatel se může rozhodnout, zda hovor přijme. K tomu slouží pevný kontrolní panel na levém rukávu. Pokud zrovna není používán, překllopí se textilním krytem připevněným na rukávu (obr. 13). Kromě přijímání a zavěšování hovorů panel zobrazuje totožnost volajícího, mění hlasitost reprodukce atd. Vytáčení čísel se provádí hlasově. Energie je získávána z nabíjecí baterie, umístěné v jedné z kapes.



Obr. 13: Snowboardová bunda Audex [22]

Rukavice Wanted [23,24]

Audiotekniku mohou ovládat i rukavice. Pro potřeby nositelné elektroniky byly již vymyšleny hřející rukavice pro zimní sporty nebo rukavice s osvětlením pro cyklisty. Tato část oděvu ale může usnadňovat i komunikaci. V chladných teplotních podmínkách, kdy je náročné v běžných rukavicích vyndávat a ovládat mobilní telefon, by se mohla hodit součást oděvu vyvinutá Lenou Berglin, rukavice **Wanted 1** (obr. 14 a). Díky bezdrátovému rozhraní, kterým je propojena s telefonem, umožňuje tato tříprstá (palec, malíček a zbytek prstů) rukavice přijímat hovory nebo je hlasově vytáčet.

Kvůli požadavku, aby na zařízení nebyla vystouplá tlačítka nebo displeje a aby rukavice nemusela být ovládána druhou rukou, byl vymyšlen prototyp rukavice, který zvedá hovor stisknutím ukazováčku palcem nebo mění čísla třesením ruky. Sluchátko bylo umístěno k horní části ukazováčku a mikrofon k zápěstí. V dalším prototypu **Wanted 2** (obr. 14 b) byly funkce integrovány do pletené rukavice.



Obr. 14: a) Tříprstá rukavice [24], b) pletená verze rukavice [25]

4.2 Oděvy pro zdravotnické účely a snímání fyziologických funkcí

Integrace senzorů, EKG a dalších komponent umožňuje snímat fyziologické funkce a poskytuje tak stálou kontrolu nad stavem starých, nemocných nebo zraněných lidí. Existují i verze pro novorozence.

Smartshirt [26]

SmartShirt je tričko, které je schopné monitorovat životní funkce – dýchání, srdeční tep, tlak krve, teplotu a ostatní. Kromě senzorů v základní struktuře se k němu dají připojit další zařízení připevňovaná kdekoli na těle nositele, například pro měření množství kyslíku nebo nebezpečných plynů v okolí. Může obsahovat i mikrofon pro přenos hlasu. Tričko bylo vyvinuto institutem Georgia Institute of Technology a vyrábí ho firma Sensatex. Zakázku na jeho vytvoření zadala americká armáda, která spolu s vědeckou větví ministerstva obrany (DARPA) zpočátku financovala jeho výzkum.

SmartShirt nachází své hlavní využití ve vojenských operacích jako oděv pro vojáky, kde slouží k monitorování jejich fyziologických funkcí, určení rozsahu zranění nebo přesné pozice vojáka. Jiný druh trička nezaznamenává průnik kulky, ale je vhodný pro výkony riskantních povolání (astronauti, hasiči, policie...). Můžou jej ale obléct i atleti, kteří mohou díky němu zlepšovat své výkony. U dlouhodobě nemocných nebo u lidí po chirurgických zákrocích je možné dohlížet na jejich stav, aniž by museli pobývat v nemocnici. U novorozenců slouží k prevenci syndromu náhlého úmrtí (SIDS).



Obr. 15: Prototyp SmartShirt pro novorozence [27]

SmartShirt je zpracované jako celistvý tkaný kus oděvu. Díky inovativní technologii je tak dvou-dimenzionální tkaná látka zpracována na oděv bez potřeby stříhání a šití. Pro svou lehkost se dá nenápadně nosit pod ostatními oděvy a jeho elasticita zajišťuje, aby senzory přiléhaly k tělu. Je unisex, to znamená, že není rozlišeno na mužské a ženské provedení. Základní provedení nejlépe pasuje na hrudník o velikosti 96,5 - 101,5 cm. Rozměry trička a umístění senzorů mohou být přizpůsobeny vzhledem k různým lidským postavám. SmartShirt je včetně senzorů prátelné. Pro dlouhodobě nemocné pacienty, kteří při oblékání a svlékání nejsou schopni přetáhnout SmartShirt přes hlavu, existuje verze se stuhovým uzávěrem nebo zdrhovadlem v přední nebo zadní části trička. Do dnešní doby byly vyvinuty tři generace tkaných SmartShirt plus pletená verze.



Obr. 16: SmartShirt [26]

Základní struktura trička se nazývá Georgia Tech Wearable Motherboard (GTWM). Už v průběhu tkaní jsou do celého trička spirálovitě integrována plastická optická vlákna a senzory. Vzniká tak sběrníková struktura, kde je díky optickým vláknům možné přenášet informace ze všech sledovaných částí těla. K vláknům jsou připevněny konektory („T-Connectors“), které shromažďují informace získané od senzorů. Ty nahrávají a připojená kontrolní jednotka je bezdrátově odesílá do střediska. Například při vojenských operacích středisko sleduje zdravotní stav vojáků. Pomocí mikrofону se se střediskem může nositel i spojit a přijímat vysílané povely.

Určení přesného místa penetrace střely je založeno na tomto principu: veškeré signály jsou odesílány vysílačem z jednoho konce optického vlákna a na opačném konci vlákna je přijímá přijímač. Vysílač i přijímač jsou napojeny na monitor osobního stavu (Personal Status Monitor), který má nositel připevněný na svém levém boku. Pokud signál z vysílače nedosáhne přijímače v monitoru osobního stavu, znamená to, že bylo SmartShirt narušeno. Po návratu signálu do monitoru se dá určit místo průniku střely.

LifeShirt [28]

LifeShirt, vesta schopná měřit fyziologické funkce lidí, je stěžejním produktem firmy Vivometrics. Je tedy vhodná pro dlouhodobě nemocné pacienty nebo pro lidi, kteří vykonávají riskantní povolání, jako jsou záchranáři nebo hasiči.

Vesta LifeShirt je vyrobena z lycry a obsahuje několik senzorů. Pro měření činnosti srdce jsou to EKG senzory, pro měření frekvence dechu jsou v něm v oblasti hrudníku a břicha integrovány pásy měřící rozpínání hrudníku, dále je zde pulsní oxymetr pro měření pulsu a nasycení krve kyslíkem, akcelerometr pro měření aktivity, respirační pletysmograf pro funkci dechu. Zařízení dále určuje teplotu pokožky, krevní tlak, dokáže určit i pozici těla, psychický stav nositele a až 30 dalších fyziologických funkcí. Další přidaná zařízení měří například aktivitu mozku (EEG). Všechny tyto funkce stanovuje se stejnou přesností jako invazivní zařízení. Tyto informace sbírá přijímač, který je k vestě připevněn a ukládá je na přenosnou paměťovou kartu. Na základě jejich analýzy v software VivoLogic je SmartShirt schopno určit celkový zdravotní stav pacienta, a to v průběhu celého dne i během spánku. Kromě vesty může být LifeShirt ve formě pásu, který obepíná tělo pod hrudníkem (viz obr. 17 b)



Obr. 17: LifeShirt ve formě: a) trička, b) hrudního pásu [28]

Výhodou je to, že pro veškerá měření je používán jeden přístroj. Nová generace zařízení LifeShirt je také schopna naměřené informace bezdrátově zasílat k lékařům, kteří tak znají aktuální pacientův stav a pacient tak nemusí do lékařského zařízení docházet. Nový software Visensia dokáže předpovídat pacientův stav.

Pro vývoj se v laboratořích používá systém LifeShirt Preclinical. Je to LifeShirt uzpůsobené na monitorování velkých laboratorních zvířat (opic, psů). LifeShirt pro svůj výzkum využívá mnoho institucí, nemocnic a škol.

Smart bra [29]

Tato chytrá podprsenka, vyvinutá institutem Centre for Materials Research & Innovation britské University of Bolton, dokáže odhalit rakovinu prsu v raném stádiu. Do její struktury je zabudovaná anténa, která pomocí mikrovln monitoruje nezvyklé teplotní změny prsní tkáně, které bývají spojené s rakovinou. Podprsenka vyhodnocuje i účinnost léčby již existujícího nádoru. Nasnímaná data jsou přenášena vodivými polymery a sbírá je integrovaný mikročip. Samostatná kontrolní jednotka analyzuje informace a spouští alarm, pokud jsou překročeny normální teplotní hodnoty. Po spojení s počítačem podprsenka generuje snímky obou prsů.

NuMetrex Bra [30,31]

Podprsenka NuMetrex Bra od firmy Textronics měří srdeční rytmus nositelky. Je vyrobena z nylonu a Lycry. Textilní elektrody jsou pletením integrovány do lemu pod prsy. Pružný lem zajišťuje kontakt senzorů s pokožkou při aktivitě nositelky. Sensory se aktivují při pocení nositelky, takže pro měření pulsu dříve, než nositelka vyvine takovou tělesnou aktivitu, aby se zpotila, je nutné senzory navlhčit. Pro přenos informací se musí připevnit do kapsičky na přední části podprsenky vysílač, který odešle data do hodinek, které jsou součástí produktu. Informace o srdečním rytmu se dají zobrazit i na jakémkoliv jiném displeji, který je kompatibilní se systémem. Po odejmutí vysílače je podprsenka plně pratelná.



Obr. 18: Podprsenka NuMetrex Bra [31]

MEMSWear I [32,33]

Vesta MEMSwear detekuje pády osob. Je určena zejména pro monitorování starších pacientů, pro které pády představují velké nebezpečí. Svůj název dostala kvůli integraci mikroelektromechanických systémů (MEMS). Dále obsahuje akcelerometry, vysílač Bluetooth a kontrolní jednotku umístěnou v kapse. Akcelerometry určují rychlost a náraz lidského těla. Vnitřní algoritmy umí odlišit pád od jiných činností (posazení, lehnutí, scházení schodů).

Pokud osoba upadne, informace jsou bezdrátově odeslány do mobilního telefonu, který pošle SMS příbuznému nebo pečovateli, který zajistí osobě péči.

CyberGlove II [34,35]

Interaktivní rukavice CyberGlove II od firmy Immersion transformuje pohyby ruky a prstů na data využitelná pro zachycení přesných pohybů při počítačových animacích, ve virtuální realitě, nebo pro medicínské studie. Pomocí Bluetooth je spojena s ovládací jednotkou, která se nosí na předloktí nebo paži. Je vyrobena z elastického materiálu a obsahuje 18 nebo 22 senzorů. Verze s 22 senzory má 3 ohybové senzory na každý prst, dále senzory pohybu paží, senzor prohnutí dlaně a další senzory na měření ohybu zápěstí a pohybu. 18-senzorová verze má na každý prst pouze 2 ohybové senzory. Baterie má výdrž 3 hodiny.



Obr. 19: Rukavice CyberGlove II [35]

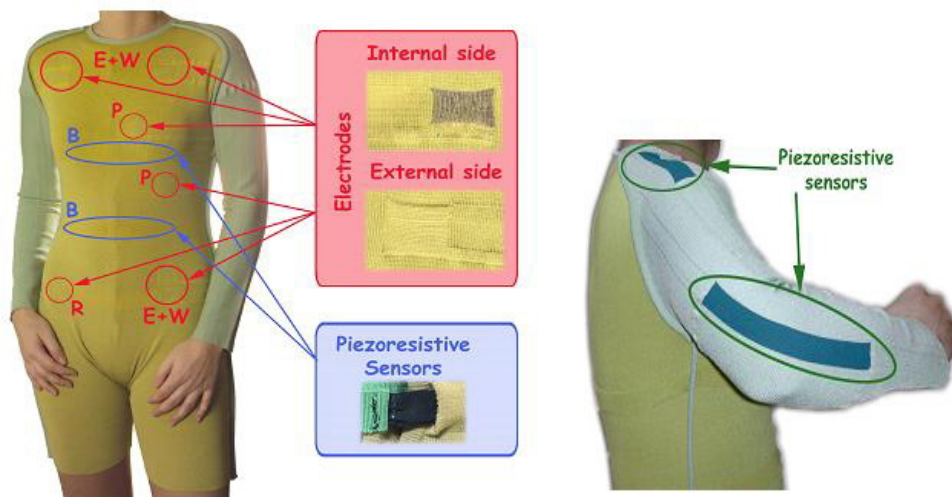
4.2.1 Projekty na měření funkcí těla podporované EU

Evropská komise koordinuje vývoj textilií monitorujících zdraví s cílem zvýšit efektivnost lékařské péče a snížit tak náklady na léčbu nemocných, na něž uvolnila milióny eur. Spolupracuje s desítkami soukromých firem z oblasti elektroniky, software, textilu, s vědeckými týmy, lékaři a univerzitami, které se u jednotlivých výzkumů prolínají. Jedním z hlavních projektů je oděv se senzory funkcí těla (Wealthy). [36]

Wealthy [37,38]

Vývoj oděvu Wealthy probíhal v letech 2002 až 2005 a výsledkem byl prototyp, který neslouží ke komerční distribuci. Vedoucím projektu byla výzkumná společnost Smartex, založena v roce 1999 italskou firmou Milior. Na výzkumu se podílela spousta dalších institucí jako Universita v Pise, švýcarský institut CSEM, firma ATKOsoft a mnoho dalších.

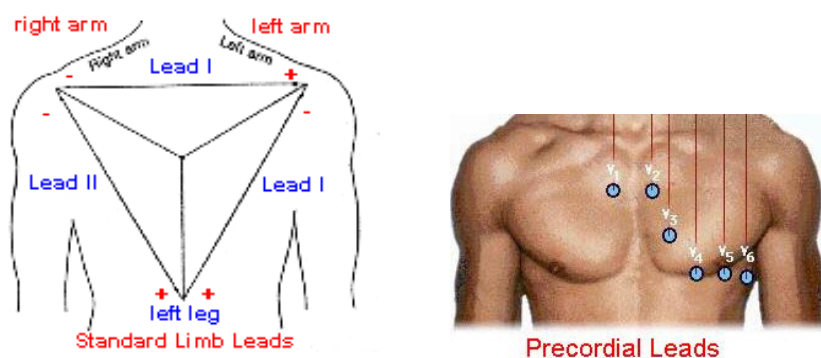
Jako u jiných produktů, zabývajících se problematikou monitorování funkcí těla, se ani Wealthy neobejde bez integrovaných senzorů, vyhodnocování naměřených dat nebo bezdrátového přenosu informací. Systém mohou jako předchozí produkty využít pacienti během rehabilitace, lidé při výkonu riskantních povolání, sportovci...



Obr. 20: Prototyp oděvu Wealthy [37]

Obrázek číslo 20 zobrazuje prototyp oděvu. Písmenky *E*, *W* („Einthoven, Wilson“) jsou označena místa, kde se nachází EKG. Jejich rozmístění je určeno na základě dlouhodobého lékařského výzkumu. Už v roce 1912 popsal dánský fyziolog Willem Einthoven rovnostranný trojúhelník s rozmístěním elektrod na jeho vrcholech, později nazývaný jako Einthovenův trojúhelník (obrázek č. 21). V roce 1934 byl tento objev vylepšen Frankem Wilsonem, když propojil elektrody rezistory. [39] Použitím tohoto rozmístění se dá měřit změna elektrického potenciálu mezi danými částmi těla a určit tak aktivitu srdce.

- V prvním vedení je katoda nad levým prsem nebo na levé paži a anoda je na pravé paži. Měří se rozdíl potenciálu mezi oběma pažemi.
- V druhém vedení je katoda na levé části břicha nebo na levém stehnu a anoda je na pravém rameni. Určuje se rozdíl potenciálu mezi opačnými elektrodami.
- Třetí vedení umísťuje katodu opět na levou část břicha nebo stehna a anodu na levé rameno. [41]



Obr. 21: Rozmístění elektrod: a) Einthovenův trojúhelník [41], b) definované rozmístění elektrod na hrudi [42]

Pod písmenkem *P* („Precordial Leads“) se skrývají katody pro měření EKG rozmístěné na šesti přesně definovaných místech na hrudi (obr. 21 b). Elektrický potenciál se měří v horizontální rovině, zprava doleva.

Písmeno *B* značí senzory dýchání a v místě písmenka *R* má být připojena jednotka pro vyhodnocování naměřených dat. Senzory pohybu jsou umístěny například na pažích. Na levé straně břicha se nachází akcelerometr pro určování pozice těla. V podpaží a na rameni se nacházejí dva netextilní mikroelektronické senzory pro měření teploty těla a pokožky nositele. Přenos informací zajišťují vpletená vodivá vlákna. Veškeré informace bezdrátově odeslané kontrolní jednotkou vyhodnocuje počítačový software, který v případě naměření kritických hodnot alarmuje lékaře. [37]

Dalšími projekty jsou:

MyHeart – Výsledkem je oděv sledující činnost srdce, za účelem prevence kardiovaskulárních onemocnění. Vedoucím výzkumu je firma Philips. [43]

Biotex – Kromě měření běžných údajů dokáže oděv díky sensorům rozmístěným na textilním substrátu monitorovat biochemické podněty včetně tělních tekutin. Vývoj vede švýcarský institut CSEM, který vyvinul biosenzory schopné monitorovat hojení ran a jejich zasažení infekcí. Principem je sledování pH z výměšku rány a množství proteinu, který způsobuje zánět. Výhodou je, že pacient ví, jak probíhá proces hojení, aniž by si musel sundávat bandáž a riskovat tím další infekci. [44]

PROeTEX – Projekt se zabývá vývojem oděvů pro hasiče, záchranáře a další riskantní civilní povolání, vyrobených z materiálů na bázi mikro- a nanovláken. Součástí obleku jsou senzory životních funkcí, pozice a aktivity, chemických podnětů okolí, bezdrátové

komunikační zařízení nebo fotovoltaiická zásobárna energie. Oděv představuje set spodního oděvu (senzory srdečního rytmu, dechu, teploty) a svrchního oděvu (detekuje vnější hrozby, obsahuje napájení, komunikaci, alarmy) včetně bot (senzory plynů, baterie, elektronika). [45]

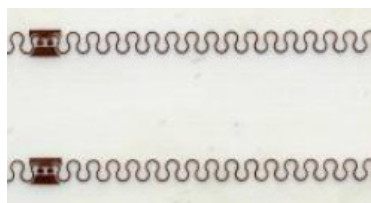


Obr. 22: Vnitřní a vnější oděv PROeTEX a boty [45]

Ofseth – Jak vyplývá z názvu („Optical Fibre Sensors Embedded into technical Textile for Healthcare monitoring“), tento projekt vyvíjí senzory čistě z optických vláken, a to křemíkových i polymerních. [46]

Context – Výsledkem je vesta měřící zatížení a namáhání svalů lidského těla pomocí integrovaného EMG (elektromyograf – zařízení pro měření rychlosti vedení nervového vzruchu do svalu). Výzkum prováděl Philips, Clothing+ a další. [47]

Stella – Projekt Stella se zabývá flexibilními obvody, schopnými se natahovat a napínat, narozdíl od prozatím používaných obvodů v textilních výrobcích, které jsou pouze ohebné. Konvenční elektrické vedení je integrováno na flexibilní substrát (většinou polyuretanový), kde je formováno do tvaru koňských podkov (viz obrázek č. 23), což umožňuje natažení substrátu o více než 40 %. Vedení může být i tištěno. Jeho flexibilita je výhodná zejména kvůli proměnlivosti tvaru lidského těla při pohybu, jednoduchému oblékání elektronických oděvů nebo při použití obinadel s elektronickými komponenty. Pro napájení obvodů vytváří projekt Stella i ohebné baterie s natištěným vodivým filmem. [48]



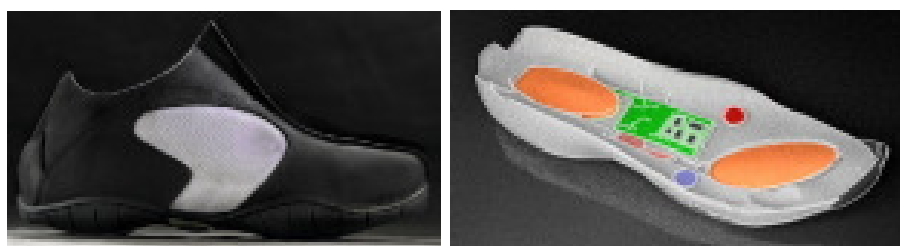
Obr. 23: Flexibilní vedení ve tvaru koňské podkovy [48]

4.3 Nositelná elektronika zajišťující komfort

Verb for Shoe [49]

Boty Verb for Shoe od firmy VectraSense díky integrované elektronice zajišťují komfort nositele. Boty obsahují dva vzdušné polštářky, které se mění v závislosti na aktivitě nositele. Pokud uživatel běží, boty automaticky nastavují výztuž polštářků na vyšší úroveň, pokud uživatel jde, polštářky se stanou měkčími.

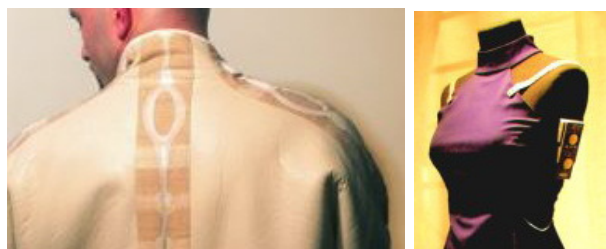
Obuv pomocí bezdrátového rozhraní komunikuje s botami Verb for Shoe ostatních uživatelů. Na vzdálenost 1 metr je tak možné si s nimi vyměňovat data, obrázky a další počítačové soubory. Může se také bezdrátově spojit s osobním počítačem, kde si uživatel nastaví úroveň komfortu, který mu boty poskytnou. Každá bota je napájena dvěma plochými bateriemi umístěnými v podrážce, které mají výdrž přibližně 2 měsíce.



Obr. 24: Bota Verb for Shoe zvenku a zevnitř [50]

Feels Good, Joy Dress [51,52]

Feels Good je kimono od firmy Philips, které je v oblasti páteře a ramen vyšité vodivými nitěmi. Tyto nitě dokážou vysílat elektrostatický náboj, který ve formě lehkého štípání relaxuje svaly nositele a odstraňuje tak jejich napětí. Kimono se ovládá jednotkou umístěnou v kapse, na které si může uživatel nastavit intenzitu vzruchů. Šaty JoyDress italské návrhářky Alexandry Fede narozdíl od kimona Feels Good mají přišité malé vibrační destičky, které masírují nositele.



Obr. 25: a) Kimono Feels Good od firmy Philips [53], b) šaty JoyDress [52]

Masírující oděvy bývají často vyrobeny z piezoelektrického materiálu, který zvětšuje a zmenšuje své rozměry v závislosti na přísunu elektrického napětí. Vibrující efekt je tedy vyvolán rychlými změnami napětí.

MET5 Jacket [54,55]

Bunda MET5 Jacket od firmy The North Face obsahuje zdroj tepla. To je vedeno skrz bundu pomocí vetkaných mikroskopických vodivých vláken. Kromě toho je bunda vyrobena z funkčních materiálů firmy Polartec, které chrání proti špatným povětrnostním a klimatickým podmínkám. Lze vybírat ze 3 stupňů ohřevu. Rozsvícená LED indikuje, že je funkce ohřívání aktivní. Kontrolní jednotka je umístěna v levé náprsní kapse, přičemž ovládací tlačítka jsou přímo na oděvu v oblasti hrudníku. Bunda je napájena nabíjecí baterií.



Obr. 26: Hřející bunda od firmy The North Face [54]

4.4 Zábavní a módní nositelná elektronika

4.4.1 Luminiscenční textilie [55,56]

Luminiscenční materiály dokážou vydávat světlo na základě vnějšího působení. Podle toho se dělí na:

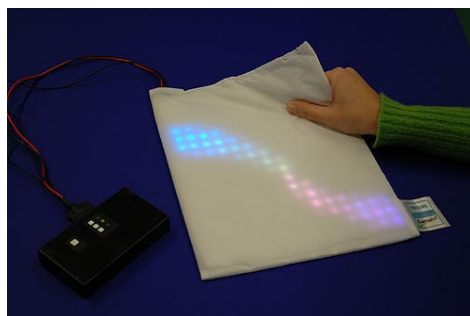
- **Fotoluminiscenční** – luminiscence je vybuzená světlem. Materiály mohou být fluorescenční nebo fosforescenční. Fluorescenční textilie mají krátkou dobu dosvitu. Příkladem jsou oděvy pro noční kluby, kde je luminiscence vyvolána ozařováním ultrafialovým zářením. Fosforescenční materiály mají dlouhou dobu dosvitu. Jako inkousty jsou nanášeny na například na pracovní oděvy pro práci na vozovce při zhoršené viditelnosti.

- **Optikoluminiscenční** – tyto materiály navíc světlo vedou. Používají se v nich optická vlákna.
- **Elektroluminiscenční** – vnějším podnětem je elektrické pole. Tyto materiály se aplikují nejčastěji ve formě přízí nebo s použitím organických OLED. Ty jsou oproti běžným LED měkké, ohebné a poddajné, mají nízkou cenu a jsou energeticky úsporné. Hodí se tak pro začlenění do oděvů.
- **Chemiluminiscenční** – luminiscence je vybuzena chemickými reakcemi.
- **Mechanoluminiscence** – luminiscence u nich vzniká mechanickým působením (tlakem, třením...).
- **Sonoluminiscence** – podnětem je zvukové pole.

Philips Lumalive [57,58,59]

Philips Lumalive je textilie s integrovanými LED, které mohou zářit různými barvami. Byla představena v roce 2006. Diody jsou na bázi barevného systému RGB (red-green-blue). Na textilií probíhají animace ve formě textů nebo jednoduchých obrázků. Jednotlivé textilní panely obsahují celkem 196 diod ve 14 řadách a sloupcích. Diody jsou od sebe vzdálené 10 mm a panel má celkové rozměry 200 x 200 mm.

Diody jsou chráněny podkladovou tkaninou a svrchu jsou pokryty jinou, která je chrání před účinky vody a vlhkosti. Tato textilie je průsvitná a rozptyluje jejich světlo.



Obr. 27: Panel textilie Philips Lumalive s ovládací jednotkou [59]

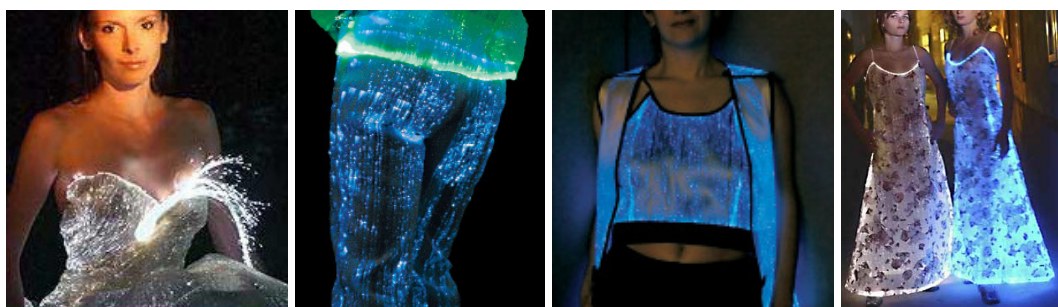
Nevýhodou textilie je to, že je nutno ji ovládat poměrně velkou externí jednotkou, která je s ní spojena běžnou kabeláží. Před praním je tedy nutno ji vyjmout. Pro aplikaci panelů na oděvy se jednotka musí umístit například za pásek. Dalším využitím můžou být bytové textilie – polštáře, potahy sedaček, dekorační textilie. Napájecí a zároveň ovládací jednotku je možno pomocí USB rozhraní propojit s počítačem. V počítači se dají vytvořit animace, které se přesunou zpět do ovládací jednotky.

Jejich velikost je omezena – jednotka má kapacitu 256 MB, což časově odpovídá cca 10 minutám naprogramovaných animací. Spotřeba je 20 W. Výhodou je to, že animace se dají vytvořit v běžných grafických programech, které vytváří data ve formátech JPG, BMP nebo GIF. Ve speciálním software produktu Lumalive Playlist jsou pak tyto obrázky řazeny za sebou a tvoří se tak animace.

Napájení je řešeno pomocí nabíjecí Li-Ion baterie umístěné v ovládací jednotce, díky které je textilie schopna až 4 hodiny provozu.

Luminex [60]

Firma Luminex ve svém stejnojmenném materiálu využívá efektu luminiscence. Jsou v něm začleněna optická vlákna a diody. Světla z diod jsou vlákny rozváděna po ploše textilie, která po sepnutí spínače svítí. Energie je získávána z běžné 9 V baterie (obvod pracuje při napětí 3,6 V, a tak je nutné používat rezistory pro snížení napětí), nebo z malých nabíjecích baterií, používaných v mobilních telefonech. Ty vydrží napájet oděv přibližně 7 – 8 hodin. Bytové textilie mohou získávat energii ze zásuvky.



Obr. 28: Oděvy Luminex [60]

Firefly Dress [1,11]

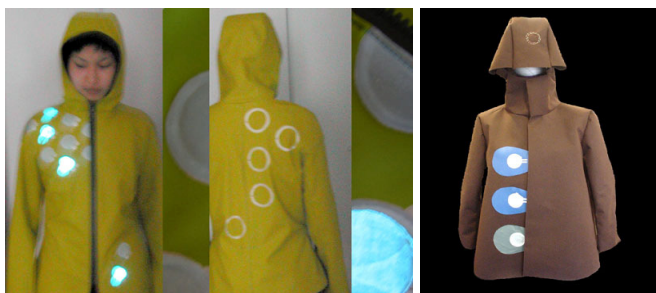
Šaty Firefly Dress (obr. 29) spínají vodivá místa v závislosti na pohybu nositele. Jejich sukně je vyrobena ze dvou vrstev vodivé organzy (jedna dodává energii a druhá funguje jako uzemnění), oddělených nevodivou nylonovou sítí. V ní jsou umístěny LED se dvěma vodivými konci. Když se konce diod dotýkají v ten samý okamžik napájecí i uzemňovací vrstvy sukně, uzavře se obvod a diody se rozsvítí.



Obr. 29: Šaty Firefly [11]

PuddleJumper [61,62]

Bunda PuddleJumper návrhářky Elise Co, studentky Massachusetts Institute of Technology, svítí při dešti. Na zádech a levém rukávu má vyšity vodní senzory, které jsou vodivé. Když na ně dopadne kapka vody, rozsvítí se elektroluminiscenční panely vytištěné na přední straně bundy.



Obr. 30: PuddleJumper ve a) starším provedení [61], b) novějším provedení [62]

Kinetic Dress [63]

Šaty Kinetic Dress firmy CuteCircuit dokážou jednoduše měnit svůj vzhled v závislosti na aktivitě nositelky, její náladě a interakci s okolím, a to pomocí senzorů připevněných k šatům, které těsně přiléhají k tělu. Tyto údaje (poloha nositelky, rychlost jejích pohybů atd.) jsou vyhodnoceny a v závislosti na jejich intenzitě se rozsvěcují elektroluminiscenční vzory vyšité na šatech.



Obr. 31: Šaty Kinetic Dress [63]

4.4.2 Textilie měnící barvu [1,5]

Textilie, které jsou schopny vratně měnit svou barvu v závislosti na vnějších podmínkách, se nazývají chameleonné textilie. Podle toho, jaký podnět toto chování dokáže vyvolat, je možné chameleonné textilie vyhodnotit jako:

- Termochromní – podnětem je teplota
- Fotochromní – reagují na světlo
- Elektrochromní – externím podnětem je elektrické pole nebo proud
- Piezochromní – podnětem je tlak
- Solvatochromní – podnětem je kapalina
- Karsolchromní – externím podnětem je elektronový svazek

Fotochromní materiály mění barvu buď po osvětlení viditelným nebo UV zářením. Jako látky, které emitují barvu po osvětlení viditelným spektrem světla, se užívají určité anorganické pigmenty. Organické molekuly mění po osvětlení svou konfiguraci, změní se tak jejich absorpční spektrum, a tím i barva.

Termochromní materiály dokážou měnit barvu díky svému složení z kapalných krystalů nebo přeskupování molekul. Barviva jsou enkapsulována a aplikována do textilií. Kapalně krystalická barviva jsou uspořádána do šroubovice. Odražené světlo má vlnovou délku podle indexu lomu šroubovice a její rozteče. Právě rozteč a délka šroubovice se vlivem teploty mění, tak dochází ke změnám vlnové délky odraženého světla, a tím i barvy. Termochromní materiály založené na přeskupování molekul obsahují bezbarvý základ barviva a vyvíječ odstínu. Roztok je enkapsulován v organickém rozpouštědle. Při zvýšení teploty nad teplotu tání se roztok zbarví, při poklesu teploty odstín vymizí.

Pro potřeby nositelné elektroniky může být teplo potřebné pro změnu barvy termochromních textilií uměle vyvíjeno. Jiné výrobky reagují podle interakce nositele s okolím. Zabarvují se, pokud se nositel pohybuje a vyvíjí tím tělesné teplo nebo při jeho kontaktu s ostatními lidmi, kdy je teplo vytvářeno například při objímání.

Skirteleon [63]

Název sukně Skirteleon od firmy CuteCircuit vznikl spojením slov Skirt (sukně) a Chameleon, což vypovídá o její funkci. Tato sukně je schopna měnit svůj vzhled na základě interakce nositelky s okolím, její náladě a pohybech a nebo v závislosti na předem naprogramovaných časových úsecích. Látka sukně mění barvu ze základní modré na podkladovou bílou s červenými spirálami či vyobrazením koček (viz obrázek č. 32).



Obr. 32: Vzory sukně Skirteleon [63]

Tic Tac Textiles [64,65]

Termochromní inkousty jsou aplikovány i na domácí textilie. Švédský Interactive Institute vyvinul interaktivní stůl Tic Tac Textiles, který slouží pro hru piškvorky. Tkaná textilie na stole je rozdělena na 9 čtverečků hracího pole, které jsou pokryty termochromním inkoustem. Pod textilií se nacházejí ohřívací elementy, napojené na elektrické obvody. Pokud se na jeden ze čtverečků položí nějaká horká věc (šálek kávy), vybarví se na něm značka hráče – křížek nebo kolečko. Stůl je pomocí bezdrátového rozhraní propojen se stolem druhého hráče, který může být u sebe doma. Na jeho stole se pomocí zahřívacích elementů značka prvního hráče vybarví také. Po té, co na hrací plochu položí i on svůj šálek, objeví se na obou stolcích jeho značka.



Obr. 33: Tic Tac Textiles: a) Hrací stůl, b) značky vytvořené kontaktem s horkým tělesem, c) plastická základní deska s tištěnými ohřívacími rozvody [65]

4.4.3 Textilie s tvarovou pamětí [1,5]

Tvarová paměť je schopnost materiálu zapamatovat si svůj tvar a po deformaci se k němu vrátit. Materiály s jednosměrnou tvarovou pamětí se po deformaci za studena vracejí do původního stavu při ohřevu, materiály s obousměrnou pamětí cíleně mění svůj tvar i při chlazení. Existují dva typy materiálů s tvarovou pamětí – slitiny a polymery.

Slitiny s tvarovou pamětí

Nejznámější sloučeninou tohoto typu je Nitinol (slitina niklu a titanu). Je tvarově stabilní při více teplotách, oddělených teplotami přechodu. Může tak podle nich nabývat různé tvary. Pod svou aktivační teplotou se snadno deformuje. Po jejím dosažení se Nitinol vrací do původního stavu (přeuspořádá se jeho atomová mřížka) a zvyšuje svou tuhost. Tato teplota závisí na poměru niklu a titanu ve slitině. Požadovaný základní tvar materiálu se musí stabilizovat, nejlépe při teplotě 500°C po dobu 5 a více minut. Poté je vhodné materiál rychle ochladit. V praxi se slitiny používají jako ochrana proti přehřátí. Jsou vloženy mezi vrstvy oděvu. Při běžné teplotě lidského těla (tedy pod svou aktivační teplotu) jsou v rovině. Po zahřátí nad aktivační teplotu se transformují do tvaru pružiny a zvětší tak vzdálenosti mezi textiliemi, což zabraňuje přehřátí.

Požadované vlastnosti mají kromě Nitiolu i slitiny mědi a zinku. Mají obousměrnou tvarovou paměť a mění se tak vratně podle teploty prostředí.

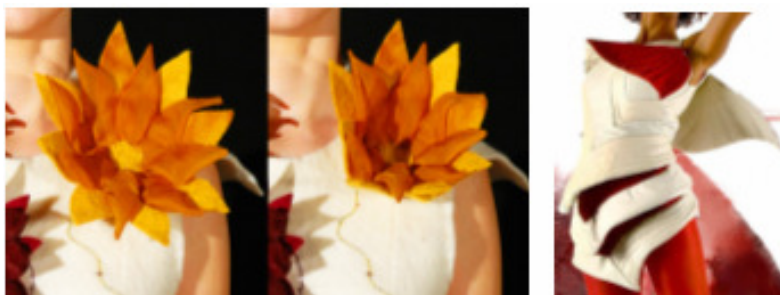
Polymery s tvarovou pamětí

Mají stejnou funkci jako Nitinol, pro své složení jsou však vhodnější pro umístění do textilií. Tvarují se nad teplotou zesklenní, kdy jsou v kaučukovitém stavu, stabilizují se ochlazením pod tuto teplotu. Do původního stavu se vracejí zahřátím nad teplotu zesklenní. Na výrobu polymerů s tvarovou pamětí se používají segmentované polyuretany, styren-butadienové kopolymery atd.

Kukkia a Scorpions [66]

Oděvy Kukkia (obr. 34 a) a Scorpions (obr 34 b) vytvořila kanadská laboratoř XS Labs pod vedením Joanny Berzowské, profesorky na Concordia University. Tyto oděvy se pomalu pohybují, a to v předem daných intervalech. Na obrázku vlevo je to plstěná květina, která se rozevírá a zavírá v intervalu 15 vteřin a na obrázku vpravo se zvedají cípy sukně a límec postupně zakrývá hlavu nositelky. Tyto pohyby jsou

způsobeny integrací nitek Nitiolu. Drátky Nitiolu se vytvarují do požadovaného tvaru, jsou zafixovány teplotou kolem 500°C a teprve poté se umístí do oděvu. Květiny se mohou ručně mechanicky rozevřít a díky tvarové paměti Nitiolu se postupně vrátí do uzavřeného stavu. Připojené elektronické zařízení vyvine teplo, nitiolové drátky se stáhnou a květina se uzavře. Při postupném chladnutí klade plst' díky své tuhosti odpor tvaru drátků a květiny se samy rozevírají. Hřející zařízení je s květinami propojeno ozdobnými švy z vodivých přízí. U šatů na obrázku 34 b) je princip obdobný.



Obr 34: a) Kukkia, b) Scorpions [66]

4.4.4 Fotovoltaické materiály [5,67]

Podstatou fotovoltaických materiálů je jejich schopnost vytvořit elektrický proud vybuzený světlem, tedy přeměna světelné energie v elektrickou.

Prvním z používaných mechanismů je to, že fotony slunečního světla jsou zachyceny solárním panelem a absorbovány jeho polovodivou vrstvou (nejčastěji křemíkovou). Elektrony ve valenčním pásu, pevně uchycené v krystalické mřížce, se díky energii fotonu oddělují z atomů, dostanou se do vodivostního pásu a pohybují se skrz materiál, čímž vzniká elektrické napětí a stejnosměrný proud. Kladný náboj, který vznikl po odloučení elektronu (proto nazývaný „díry“), se v panelu pohybuje v opačném směru. Elektrony sousedních atomů se totiž přemisťují do těchto děr a zanechávají za sebou díry jiné.

Jiný druh solárních článků je z organických materiálů, které jsou citlivé na světlo (polymery). Absorbce světla dochází k excitaci elektronů. Na připojených elektrodách se vytváří napětí. Dalšími materiály vhodnými na solární články jsou vrstvy z mědi, india, galia a selenu (CIGS). Ty jsou výhodné pro svou mechanickou flexibilitu a nízkou hmotnost a hodí se tak pro textilní využití.

Fotovoltaické solární články se u elektronických textilií využívají hlavně jako zdroje elektrického napětí. Mohou tak přímo napájet drobnou elektroniku připojenou k textilií (MP3 přehrávače, mobilní telefony) a nabíjet baterie. Některé z nich dokážou

energii skladovat pro pozdější využití. Předmětem současného výzkumu v této oblasti je nanášení fotovoltaických vrstev přímo na povrch textilií.

Solar Ski Jacket [68]

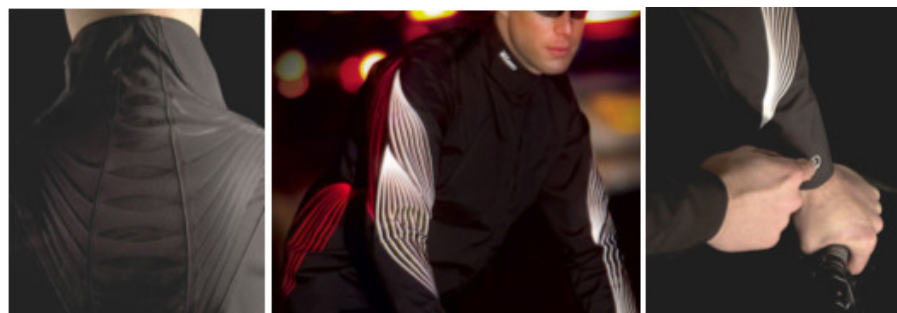
Bunda Solar Ski Jacket od firmy Zegna má solární články umístěné v odnímatelném límci. Je schopna nabíjet elektronické přístroje napájené 5 - 6 volty. Baterii připojeného mobilního telefonu dokáže při ideálních slunečních podmínkách plně nabít za cca 4 hodiny. Límec se po odejmutí může používat samostatně.



Obr. 35: Bunda Solar Ski Jacket od firmy Zegna [68]

Illum Cycling Jacket [69]

Cyklistická bunda Illum Cycling Jacket (obr. 36) od firem PDD a Goose Design obsahuje elektroluminiscenční potisk, který je poháněný tenkou baterií na solární energii. Fotovoltaické články jsou ve formě tisku naneseny na místa, která jsou nejvíce vystavena slunci při jízdě na kole – zadní část krku, ramena a horní část zad. Svícení luminiscenčního potisku se dá zapnout a vypnout pomocí spínače umístěného na levém rukávu. Bunda si klade za cíl zlepšit viditelnost cyklistů na vozovce a tím zvýšit jejich bezpečnost, a to módním způsobem.



Obr. 36: Cyklistická bunda Illum [70]

Kabelky a brašny

Solární panely nacházejí poslední dobou poměrně velké uplatnění v brašnářství. Umisťují se na přední nebo vrchní stranu tašek, popřípadě na poutko. Mohou obsahovat jako příslušenství vyměnitelné kabely nebo nástavce pro propojení s různými elektronickými zařízeními (kabel se zakončením USB, kabel na iPod, adaptéry pro různé druhy telefonů...).



Obr. 37: a) Taška Augusta od firmy Noon [71], b) batoh od f. O-range [72], c) kufřík Anton firmy Sunload [73], d) taška na kolo Nomad firmy Eclipse Solar Gear [74]

4.4.5 Oděvy pro komunikaci

Hug Shirt [63]

Hug Shirt firmy CuteCircuit je tričko, díky kterému se mohou lidé „objímat“, i když jsou od sebe vzdáleni přes celý svět. Tričko je představitelem tzv. Human-Human Interaction, což je interakce mezi lidmi umožněná pomocí technologie. Jeho funkce je založena na technologii Bluetooth a aplikaci Java. Jedná se tedy o produkt, jenž je v podstatě příslušenstvím k mobilnímu telefonu.

Tričko obsahuje senzory, které snímají srdeční rytmus, teplotu kůže, sílu objetí odesílatele, dobu objetí atd. Ty jsou umístěny na místech, kterých se člověk dotýká, když někoho objímá, tedy hlavně na pažích, zádech, bocích, ramenech – to je vidět například na obrázku číslo 38 a), přičemž senzory se nachází v červených oblastech trička.



Obr. 38: a) Hug Shirt, b) Java software HugMe [63]

Posílání objetí je založeno na jednoduchém bezdrátovém přenosu. Odesílatel i příjemce objetí musí mít trička Hug Shirt na sobě a vlastnit mobilní telefon s Java softwarem HugMe (obr. 38 b). Odesílatel stimuluje objetí, dotýká se senzorů. Využitím technologie Bluetooth se nasnímané údaje z trička odesílatele objetí přenesou do jeho mobilního telefonu. Aplikace Java pomocí softwaru HugMe tyto údaje pošle na telefon příjemce objetí. Ten cítí teplotu, slabé vibrace a další projevy, díky nimž je schopen objetí emocionálně vnímat. Posílání objetí je možné, i pokud má Hug Shirt pouze příjemce. Pomocí softwaru HugMe je totiž odesílatel schopen objetí vytvořit a odeslat ho, aniž by měl tričko na sobě. Tričko je na baterie a smí se prát pouze po odstranění senzorů a aktuátorů, tedy červených míst trička.

Časopis Time Magazine jmenoval Hug Shirt jedním z nejlepších vynálezů roku 2006. Tričko získalo nejvyšší ocenění také na konferenci Ciberart v Bilbau. Je popsáno také v několika knihách, které se zabývají interaktivním designem, a to konkrétně například *Fashioning the Future*, *World Changing*, *Smart Materiále in Architecture* nebo *Designing for Interaction*.

Accessory Nerve [63]

Accessory Nerve (A-Nerve) je dalším ze zařízení vyvinutých firmou CuteCircuit, která fungují společně s mobilním telefonem na bázi přenosu Bluetooth. Momentálně se produkt vyskytuje ve fázi zkoušení prototypu. Umožňuje jednoduchou komunikaci, aniž by uživatel rušil okolí manipulací s mobilním telefonem. Zařízení je ve formě rukávu, který se nasadí na jednu ruku. Když někdo volá na telefon nositele, pomocí Bluetooth je vyslán signál a na látce rukávu se vztyčí záhyby. Pokud nositel nechce hovor přijmout, přejede rukou přes rukáv a narovná tak záhyby do původní polohy. Volajícímu v tomto případě přijde SMS zpráva s textem, že mu volaný zatelefonuje později.



Obr. 39: Accessory Nerve [63]

Ski-pass Jacket [16]

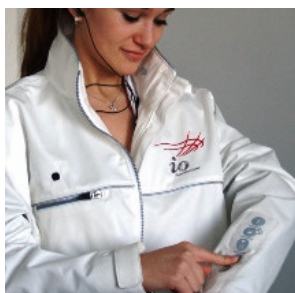
Pro snadnou lokalizaci lidí ztracených nebo uvízlých pod lavinami slouží oblek Ski-pass Jacket (Ski-suit) firmy Philips, vybavený technologií GPS, vysílačkou a také senzory teplotních změn (Obr. 40 a). GPS, neboli Global Positioning System, je polohový družicový systém, díky němuž je možno určit polohu a přesný čas kdekoli na Zemi. Tento systém zabudovaný v dětském oblečení může zlepšovat přehled rodičů o tom, kde se jejich děti vyskytují a může pomáhat při jejich zmizení. Oděv od stejného výrobce na obrázku 40 b) má v sobě kromě antény začleněnou digitální hru.



Obr. 40: a) GPS v obleku pro lyžaře [16], b) pro děti [75]

Know Where Jacket [76]

Firma Interactive Wear do svých oděvů integruje mnoho známých druhů elektronických zařízení – od ohřívačů používaných v rukavicích přes textilní klávesnice na rukávech až po GPS. Know Where Jacket integruje poslední dvě zmíněná zařízení a k tomu i sluchátka, mikrofon nebo tlačítko k přivolání pomoci. Je možné zjistit přesnou lokalizaci nositele v budově v reálném čase. GPS anténa je umístěna v oblasti ramene, což jí zajišťuje nejlepší možný signál.

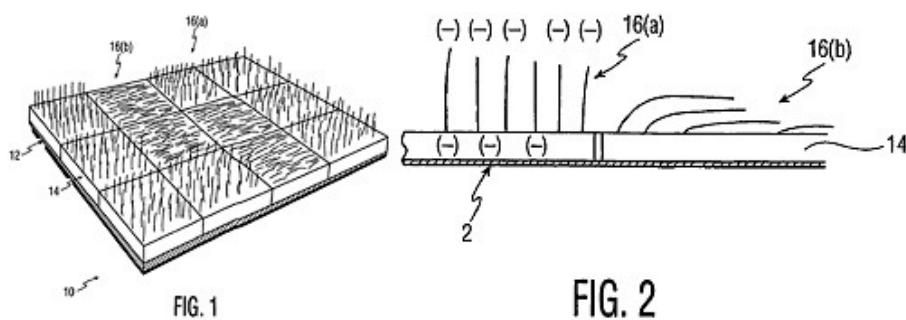


Obr. 41: Know Where Jacket [76]

4.4.6 Textilní displeje

Fabric Display [77,78]

Firma Philips si kromě displeje Lumalive z LED (obráz. 27) nechala patentovat displej (jednoduše nazvaný Fabric Display), vyrobený z umělé kožešiny. Každý „pixel“ obrazu je vytvořený barevným kouskem látky a je pokryt jinak barevnými vlasy. Když jsou všechny vlasy položeny v rovině plochy látky, je vidět pouze jejich barva. Pokud se však na určitý „pixel“ působí elektrostatickým nábojem, vlasy na něm umístěné se začnou vzájemně odpuzovat a vztyčí se kolmo k látce. Tím odhalí barvu na látce pod sebou. Působením elektrostatického náboje na jednotlivé „pixely“ displeje se může vytvořit vícebarevný obraz. Firma plánuje začlenit tyto displeje do oděvů nebo jiných textilních produktů.



Obr. 42: Kožešinový displej od firmy Philips [78]

4.4.7 Ostatní

Sonic Fabric [79]

Materiál Sonic Fabric umělkyně Alyce Santoro je utkaný z pásek audiokazet. Pásky jsou vetkány ve směru útku a osnovu tvoří bavlna nebo polyester. Při tkaní si pásky uchovávají své magnetické vlastnosti. Zvuky se vyvolávají přejížděním čtecí hlavy běžného walkmana po materiálu, energii dodávají baterie. Pásky jsou vrstveny v 4 - 5 vrstvách, což při přejetí čtecí hlavou vydává zvuky podobné rušivým zvukům rádia nebo pohybování gramofonovou deskou dopředu a dozadu (scratching). Materiál utkaný z jedné vrstvy pásky může vydávat reálné zvuky, musí se však přejíždět zvukovou hlavou takovou rychlostí, jakou byla páska nahraná. Kromě šatů jsou dostupné i Sonic Fabric vlajky, kravaty nebo deštníky.



Obr. 43: Šaty z materiálu Sonic Fabric ve třech provedeních [79,80,81]

4.5. Další výrobky nositelné elektroniky

SmartSwim [82,83]

Plavky SmartSwim firmy Solestrom vnímají intenzitu UV záření a upozorňují tak nositelku, aby se chránila před nebezpečnými slunečními paprsky. Plavky UV Meter Bikini (obr. 44 a) mají na přední části spodního dílu připevněný LCD displej, kde je hodnota UV paprsků zobrazována číselně na škále od 0 do 20. Z hodnoty UV určují, jak dlouhou dobu se ještě může jejich nositelka vystavovat slunci. Displej je vodotěsný.

Pro srovnání - druhá verze UV plavek firmy Solestrom elektroniku nepoužívá. Na UV Intensity Bikini (obr. 44 b) jsou pouze navlečeny korálky, které mění svou barvu od světle fialové, jež značí bezpečnou úroveň záření, až po varující tmavě fialovou.



Obr. 44: a) UV Meter Bikini [82], b) UV Intensity Bikini [83]

No-Contact Jacket [84]

No-Contact Jacket (navržená Adamem Whitonem a Yolitou Nugent) je obranná bunda, která chrání ženy, kdyby je někdo násilně napadl. Po aktivaci pulsuje pod povrchem celé bundy 80 000 voltů nízké proudové intenzity. Pokud by se nějaký útočník snažil uchopit nositelku, toto „brnění“ přeruší neurologické impulsy, které ovládají pohyb jeho svalů. To mu způsobí desorientaci, ztrátu stability a samozřejmě bolest a napadená díky tomu může utéct. Napájení zajišťuje jedna 9 V baterie, jejíž výdrž závisí na množství užívání.

Aby se zabránilo zasažení elektrickým šokem vlastního těla nositelky, je bunda No-Contact Jacket vybavena gumovou vrstvou, která slouží jako izolant mezi tělem a vnější elektrizovanou vrstvou. Nicméně možnost sebe-zasažení nelze zcela vyloučit – při kontaktu s odhalenými částmi těla, jako je třeba obličej, pas nebo nohy, může bunda dát šok své nositelce. Vnější vrstva je vyrobená z teflonu pokrytého nepromokavým nylonem, a tak se při dešti nedostane voda až k elektrické vrstvě. Bunda při dešti neztrácí svou funkci, nicméně použití za těchto okolností není doporučováno.



Obr. 45: No-Contact Jacket [84]

Intimate Partner Violence Clothing System [85]

Reakcí na v poslední době velmi diskutovaný jev – domácí násilí – je mikina z projektu IPV Clothing System. Vytvořili ji stejní designéři jako No-Contact Jacket. Textil je u tohoto oděvu zprostředkovatelem pomoci, neboť tento oděv se zaměřuje hlavně na psychiku obětí. Integrované textilní senzory tlaku měří sílu a údery vyvinuté proti tělu nositele. Po té, co jsou tyto údaje v počítači vyhodnoceny, je pro nositele lehčí si připustit, že je zneužíván. Speciální počítačový program pak komunikuje s obětí. Na základě druhu násilí klade přednastavené otázky a odpovídá na kladené dotazy, což má přimět oběť k úvaze nad situací. Oděvem naměřená síla úderů může být zaslána do lékařského nebo policejního střediska, aby byla vykonána řádná opatření.



Obr. 46: IPV System [85]

5. MOŽNOSTI VÝVOJE [16,86,87]

Výrobky nositelné elektroniky se podle předpokladů odborníků stanou oděvy budoucnosti. Jejich začlenění do životů běžných lidí se odhaduje řádově na 5 až 10 let. Socioekonomickými průzkumy, které vedou ke zjištění uplatnění oděvů v závislosti na požadavcích konzumentů (a určením z toho plynoucího vývoje nositelné elektroniky), se zabývá projekt CleverTex [86,87]. Je dotovaný Evropskou komisí a byl vytvořen na základě delfské metody uplatňované na odbornících oboru. Výsledkem průzkumu jsou například vize, že elektronické komponenty, senzory a aktuátory proniknou do většiny textilií, zejména do oděvů zdravotnického sektoru a textilu používaného v domácnosti. V oděvním sektoru by měly najít uplatnění hlavně polymery s novými vlastnostmi a technologie enkapsulace.

Na budoucí rozsah využití nositelné elektroniky má vliv hlavně to, že zpočátku drahé výrobky se díky rozšíření technologie zlevňují, a tak se stávají dostupnějšími širším masám lidí. Se snižováním nákladů na výrobu se rozšiřuje pole jejich využití a dosahuje až na úroveň konzumních produktů. Jejich uživatelé požadují od výrobků především kompatibilitu s ostatními zařízeními (aby byly uživatelsky perspektivní, musí fungovat s každou novější verzí zařízení), snadnou možnost údržby, módnost a samozřejmě již zmíněnou cenu.

Ačkoli počátky nositelné elektroniky patřily spíše oděvům spojeným se zdravotní péčí (v roce 1996 bylo vyvinuto tričko SmartShirt), z výše uvedené masové rozšířenosti nositelné elektroniky v budoucnosti se dá předpokládat i velký rozvoj komunikačních, interaktivních a módních elektronických textilií. Tyto oděvy budou lidem sloužit k zábavě a díky nim budou moci originálně vyjádřit svou osobnost.

Šaty měnící svou barvu a tvar byly již vyvinuty, v budoucnu by se však mohly ovládat pomocí speciálního software nebo internetu. Základem by byly jednoduché šaty bez výraznější struktury. Uživatelka by si na počítači zvolila barvu, vzor nebo tvar a tyto parametry by se drátovým nebo bezdrátovým způsobem poslaly do řídicí jednotky šatů. Ta by vyslala příkazy aktuátorům (tepelné, magnetické...), které by provedly změnu. Speciálně naprogramované módní vzory by se mohly kupovat přes internet a měly by platnost například 3 dny ode dne zakoupení nebo použití. Změna barvy by mohla i zachraňovat životy při bojových akcích. Speciální zařízení by naskenovala barvu okolí a podle toho by se proměnil i oděv.

V ženské části populace s vysokou pravděpodobností zaznamenají boom šaty měnící svou velikost. Tento oděv se mění podle tvaru těla člověka, který jej oblékne. To znamená, že by měl pasovat na všechny rozměry lidského těla od konfekčních po nekonfekční velikosti. To by usnadnilo problémy s vybíráním oděvů nebo při změně rozměrů těla nositele.

Komunikace by mohla být jednodušší nošením oděvů, které zobrazují stav nositele ostatním. Nejen po vizuální stránce pomocí displejů, zabarvení nebo tvarů, ale lidem vyskytující se v jejich blízkosti by se na kompatibilních zařízeních zobrazovala vizitka nositelů. Ta by obsahovala obrázky, informace a texty, které chtějí nositelé zveřejnit – jméno, stav, status nebo blog. V dnešní době výrobci uvádějí elektronické textilie, které jsou schopné komunikovat pouze s lidmi, kteří vlastní výrobky stejného druhu. Příkladem je tričko Hug Shirt (obr. 38) nebo bota Verb for Shoe (obr. 24). Účinné by bylo funkce zařízení založit na stejných principech, a tím umožnit komunikaci ve větším rozsahu.

Kombinací konzumní elektroniky a čidel nebo senzorů by se daly vytvořit oděvy reagující na stav nositele zábavnou formou. Podle teploty těla, tepu srdce, pohybů nebo i interakce s okolím by oděv vyhodnotil náladu nositele a podle toho spustil hudbu určitého rytmu a stylu. Při vysoké aktivitě nositele (běh, fyzická námaha) by se rozhodl pro rychlou hudbu, při interakci s okolím by zvolil veselou a při stresu pomalou uklidňující písně.

Významnou kapitolou budoucího uplatnění nositelné elektroniky jsou monitorovací oděvy. Jedním z nich by za několik let mohl být oděv podporující stabilitu člověka, který by našel uplatnění zejména u starších lidí nebo dětí. Pokud by jeho senzory zachytily, že člověk ztrácí rovnováhu, aktivují se integrované „umělé svaly“ z inteligentních polymerů, které se zpevní a udělají potřebné opravy postoje, aby člověk opět získal balanc. Je-li pád nevyhnutelný, svaly zaujmou takovou pozici, aby absorbovaly náraz a člověk se tolik nezranil. Po pádu je samozřejmostí monitoring stavu člověka. Při detekci zranění oděv do těla nadávkuje léčiva, zafixuje zlomenou kost zpevněním „svalů“ a zavolá pro asistenci. Některé oděvy by mohly diagnostikovat určitou nemoc a podle toho nadávkovat potřebný lék. Obsahovaly by například 5 druhů léků, které se používají na nejběžnější nemoci.

Princip „umělých svalů“ by se mohl uplatnit i u sportovních oděvů, které svým zpevněním redukuje škodlivé pohyby, aby se předešlo zraněním sportovců. Ty by dále

mohly snímat veškeré cviky a podle kvality jednotlivých pohybů dávat signály, kdy musí být zlepšeny. To by zefektivnilo trénink a zvýšilo výkonnost. Ohřívání svalů by zajistila elektrostimulační a masážní zařízení. Proti přehřátí by chránilo chladicí zařízení. Elektrická stimulace by se mohla použít i na čapky, které by se nasazovaly při bolesti hlavy. Elektronika napájená baterií by tak mohla zbavit člověka bolesti bez používání léků.

Jiné monitorovací oděvy by mohly vyhodnotit množství živin v těle člověka a určit mu, kdy se má napít nebo si dát něco zdravého k jídlu. Zlepšit komfort můžou senzory, které jsou umístěny uvnitř dětské boty. Varují, pokud jsou boty příliš malé. Hledání ztracených dětí by mohlo zjednodušit GPS, které by se běžně integrovalo do dětského oblečení.

Zdroje energie jsou u elektronických textilií jedním z nejdůležitějších prvků. Budoucnost nositelné elektroniky přeje alternativním způsobům výroby energie oproti používání běžných baterií. Solární energie používaná již dnes v některých oděvech nebo doplňcích je toho důkazem. Zajímavější však může být energie generovaná pohyby lidského těla při běžných denních úkonech nebo energie vytvořená přebytečným teplem lidského těla.

V oděvech by se mohly používat termogenerátory. [88] Jsou to zařízení, která využívají teplotní rozdíl mezi povrchem těla a okolí a tepelný proud konvertují na elektrickou energii. Pracují na principu termoelektrického efektu. Dva rozdílné materiály (nikl, chrom, křemík), spojené na koncích, se nacházejí v různých teplotních oblastech a nabitě částice pronikají z teplé do studené strany, což vytváří elektrický proud. Na tomto principu již v dnešní době pracují některé náramkové hodinky nebo je využíván jako zdroj energie při vesmírných misích.

Údržbu by mohly zjednodušit čipy, které by se integrovaly do oděvu při výrobě nebo při adjustaci. Ty by obsahovaly informace o složení a vlastnostech jednotlivých oděvů. Pračka by je po zapnutí vyhodnotila a určila podle toho teplotu a způsob, který na praní použije. Jiné oděvy by se dokázaly čistit samy a díky integraci materiálů s tvarovou pamětí by nebylo nutné je ani žehlit.

Veliký rozvoj by v budoucnosti měly zažít domácí textilie. I když nepatří přímo do nositelné elektroniky, využívají mnoho stejných principů a technologií jako oděvy. Závěsy se solárními články, polštáře budící spícího svitem integrovaných LED, tkané

obrazy měnící svou barvu působením vyhřívacích zařízení nebo třeba tapety z termochromních inkoustů ohřívané teplem radiátoru. Multifunkční křesla mohou obsahovat textilní ovladač televize nebo mobilní telefon v opěrce u ruky a reproduktory v opěrce v blízkosti hlavy.

Ačkoli se některé uvedené aplikace mohou zdát nepravděpodobné, je pouze otázkou času, kdy je a jím podobné technologie budou lidé považovat za zastaralé.

PRAKTICKÁ ČÁST

V této části jsou popsány praktické zkoušky materiálu QTC od firmy Peratech, podrobně popsaného v části 4.1. Kapitola si dává za cíl otestovat funkci materiálu QTC, zejména pro potřeby textilních klávesnic. Materiál je začleněn do jednoduchých obvodů. Návrhy sestavení obvodů pro testování materiálu jsou popsány distributorem. [89].

6. EXPERIMENTY

Princip:

QTC je polymerní materiál s kovovými částčkami, který se v běžném stavu chová jako izolátor, po stlačení se však stává vodičem. Míra vodivosti je závislá na velikosti stlačení – čím více se materiál stlačí, tím větší proud je schopný vést a zároveň se snižuje odpor. Touto vlastností se zásadně liší od běžných uhlíkových vodičů, u kterých nemá síla stlačování vliv na míru elektrické vodivosti.

Použité materiály a pomůcky:

Pro testování je použit materiál QTC ve formě malých čtverečků ($3,6 \times 3,6 \times 1,5$ mm) a tenkého archu (150×50 mm). Čtverečky jsou vhodné pro použití jako senzory proměn odporu podle vyvinutého tlaku, archy většinou jako dotykové spínače.

Dalšími pomůckami jsou motor a LED jako indikátory reakce QTC materiálu, kabeláž pro propojení komponent, baterie pro napájení, papírová čtvrtka, samolepící hliníková fólie, měděné destičky. Vzorčky jsou umístěny do trhačky Testometric M 350-5CT. Trhačka je propojena s počítačem, kde její údaje vyhodnocuje software WinTest Analysis 3.5.3. Velikost elektrického odporu je měřena digitálním multimetrem Omega TrueRMS Supermeter HHM 290.

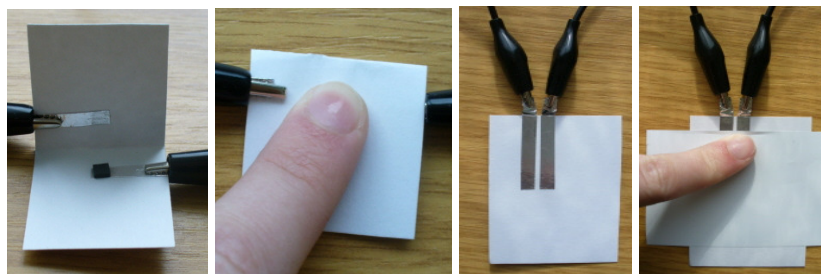
6.1 Experiment č. 1

V prvotním testu je testována funkce QTC bez použití měřícího přístroje, s cílem vizuálně ověřit jeho základní vlastnost, tedy proměnnou vodivost závislou na stlačování.

Příprava a průběh zkoušky:

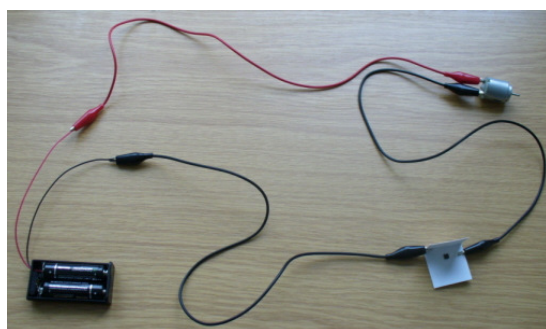
Pro zapojení čtverečků do obvodu byl vyroben jednoduchý spínač. Malý obdélník ze čtvrtky je v prostředku přehnut na polovinu a jsou k němu připevněny vodivé dráhy ze samolepící hliníkové fólie tak, aby se v prostředku překrývaly.

Do tohoto místa je umístěn QTC čtvereček. Na koncích vodivých drah jsou přichyceny vodiče (obr. 47 a). Po uzavření papírového spínače (obr. 47 b) se čtvereček dotýká vodivých drah svou spodní i horní stranou a obvod je tak připraven pro testování. Pro zapojení QTC archu byly na čtvrtku připevněny dvě rovnoběžné vodivé dráhy tak, aby se vzájemně nedotýkaly (obr. 47 c). Jsou k nim připojeny vodiče. Fólie se položí na dráhy svou nánosovanou stranou a obvod se uzavírá jejím stlačením přes obě dráhy (obr. 47 d). [89]



Obr. 47: Zařízení pro začlenění QTC do elektrického obvodu: a) vodivé dráhy spínače, b) uzavření spínače, c) vodivé dráhy pro testování archu, d) stlačení fólie [foto: autorka]

Materiály QTC jsou i se spínači začleněny do elektrického obvodu, který se kromě nich skládá ze zdroje energie (2 tužkové baterie 1,5 V), vodičů a spotřebiče. Na obrázku číslo 48 je jím motorek, při dalších pokusech ho nahrazuje dioda.



Obr. 48: Zapojení QTC do elektrického obvodu [foto: autorka]

Výsledky:

Po sestavení elektrického obvodu a jeho uzavření stlačením QTC materiálu ve formě čtverečků vedl obvod elektrický proud. Elektrický spotřebič (motorek) začal pracovat. Snižováním a zvyšováním tlaku na QTC se měnilo množství prošlého elektrického proudu, což bylo možné poznat podle intenzity zvuku, který motor při

práci vydával. Jeho hlučnost se měnila se silou stlačování. Dioda proměnným stlačováním měnila svou svítivost. To je zřejmé z obrázku č. 49, kde je zachycena její intenzita od nejmenší po největší.

Materiál ve formě tenkého archu při testování nevykazoval tak vysoké změny vodivosti. Dioda neměnila svou svítivost tak intenzivně jako při použití QTC čtverečků. Tento jev popisuje i distributor v prospektu, dodávanému k materiálu [89].

Tyto jednoduché testy vedly k základnímu ověření funkce testovaného materiálu. Množství elektrického proudu se v pokusech zvyšovalo se stlačováním, výsledky tedy vyšly dle předpokladů.



Obr. 49: Proměnlivá svítivost LED [foto: autorka]

6.2 Experiment č. 2

V tomto experimentu jsou vlastnosti materiálu QTC testovány již v číselných hodnotách. To umožní získat konkrétnější představu o jeho funkci. Vzhledem k tomu, že je materiál ve formě čtverečků citlivější na míru stlačování než materiál ve formě archů (viz výsledky experimentu č. 1), jsou pro tento pokus použity právě QTC čtverečky.

Příprava zkoušky:

Materiál je umístěn mezi dvě měděné destičky (86×19 mm, 160×40 mm) a poté je připevněn do trhačky. K destičkám jsou připnuty svorky multimetru. Mezi kovovou deskou trhačky a destičkami musí být izolační vrstva, která zabraňuje zkreslení dat. Do horních čelistí trhačky je upevněna stlačovací tyč o kruhovém průměru 10 mm. Trhačka je nastavena do režimu stlačování, a to tak, aby zatěžovala vzorek zadanou silou.

Průběh zkoušky:

Na měření bylo použito 5 vzorků materiálu QTC, které byly zatíženy 5 různými silami. Při prvním testování byla síla určená k zatěžování vzorku nastavena na 15 N. Po okamžiku dosažení této síly zůstala horní čelist trhačky v té pozici, ve které sílu 15 N dosáhla. Vzorek materiálu v kombinaci s trhačkou vykázal zajímavou vlastnost - snížil svou výšku později než při dosažení 15 N, a tak síla, která působila na vzorek v dané úvratí okamžitě klesla na cca 10 N. V tomto okamžiku naměřený odpor se po té se dále snižoval – nejprve skokově, s delší dobou pozorování byly rozdíly odporu čím dál tím menší a hodnota odporu se ustalovala. Vzhledem k těmto okolnostem byl odpor vzorků měřen následně po stlačení a pak v dalších 15 měřeních v intervalech 30 sekund.

Po nastavení určité síly stlačování se síla skokově změnila pokaždé na jinou hodnotu, od průměru se však lišila minimálně. V průběhu 7,5 minut měření se tato hodnota postupně zmenšila cca o 0,5 N. Tato změna je však tak malá, že se jí nedá připisovat ustálení odporu vzorku.

Výsledky:

Naměřené výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 1. Je z nich patrné, že odpor se mění exponenciálně v závislosti na zatížení. Při působení průměrné síly 41,36 N se odpor pohybuje ve velikostech ohmů, při průměrné síle 7,06 N však dosahuje okamžitých hodnot v řádech milionů ohmů a po ustálení deseti- až statisíců ohmů.

Jednotlivé vzorky se ve výsledcích trochu lišily, odchylky však nepřesahovaly řády. Tato skutečnost může být způsobena nejen malými odlišnostmi v působících silách, ale hlavně vlastnostmi každého konkrétního vzorku. Příkladem toho může být vzorek číslo 5, který vykazoval vyšší hodnoty než vzorky ostatní hlavně při zatížení průměrnými 30,34 a 41,36 N.

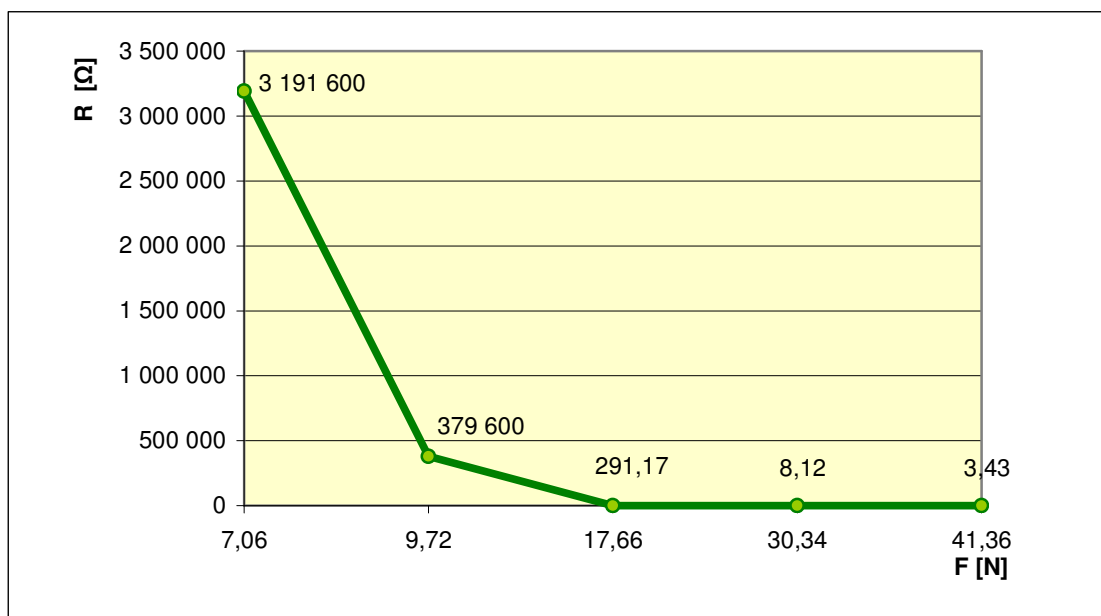
Číslo vzorku	Nast. síla [N]	Okamž. síla [N]	Okamžitý odpor [Ω]	Výsledky měření [Ω]						
				1	2	3	4	5	6	7
1	10	7,3	1 820 000	572 000	364 000	242 300	198 700	153 000	137 340	122 800
2	10	7,0	2 900 000	604 200	346 670	215 990	174 950	140 100	128 810	116 250
3	10	7,7	908 000	410 100	295 600	228 300	199 000	173 220	136 500	111 900
4	10	6,8	4 600 000	2 110 000	1 730 000	1 070 000	800 000	450 000	400 000	373 940
5	10	6,5	5 730 000	2 040 000	1 620 000	1 380 000	822 800	680 400	567 800	513 000
Průměr:		7,06	3 191 600	1 147 260	871 254	627 318	439 090	319 344	274 090	247 587
1	15	10,3	142 000	32 430	23 240	18 000	16 100	9 600	9 090	8 760
2	15	9,3	386 000	87 300	54 800	42 760	37 420	33 210	29 890	26 300
3	15	10,0	277 000	93 700	74 760	65 830	59 100	49 330	47 400	45 880
4	15	9,4	512 000	166 500	104 700	84 500	68 700	59 000	53 830	48 800
5	15	9,6	581 000	158 270	95 470	65 620	50 970	38 840	31 560	28 120
Průměr:		9,72	379 600	107 640	70 594	55 342	46 458	37 996	34 354	31 572
1	30	18,8	265,00	115,08	99,50	89,10	82,31	78,08	74,80	65,69
2	30	17,0	368,05	150,00	95,02	87,50	83,04	80,10	76,92	74,70
3	30	17,3	188,00	95,10	72,30	61,85	49,50	45,72	40,00	38,20
4	30	17,4	304,80	82,15	69,26	61,52	56,32	52,11	49,13	46,98
5	30	17,8	330,00	129,86	105,47	88,77	79,27	72,81	69,43	65,36
Průměr:		17,66	291,17	114,44	88,31	78,75	70,09	66,76	62,06	58,19
1	60	30,0	5,44	3,69	3,46	3,32	3,06	3,01	2,96	2,92
2	60	29,3	8,20	5,05	4,44	4,06	3,88	3,71	3,60	3,53
3	60	31,1	9,53	5,51	4,83	4,50	4,30	4,13	4,01	3,89
4	60	29,5	5,34	3,32	2,99	2,74	2,64	2,57	2,52	2,46
5	60	31,8	12,10	8,22	7,37	6,89	6,56	6,47	6,25	6,18
Průměr:		30,34	8,12	5,16	4,62	4,30	4,09	3,98	3,87	3,80
1	90	40,5	1,36	1,10	1,06	1,02	1,10	0,99	0,98	0,97
2	90	41,7	2,27	1,54	1,45	1,39	1,35	1,34	1,32	1,30
3	90	41,5	2,93	1,95	1,78	1,61	1,56	1,53	1,51	1,48
4	90	41,6	4,01	2,50	2,29	2,15	2,07	1,98	1,93	1,89
5	90	41,5	6,57	4,48	3,92	3,70	3,59	4,47	3,36	3,28
Průměr:		41,36	3,43	2,31	2,10	1,97	1,93	2,06	1,82	1,78

Tabulka č. 1 – 1. část

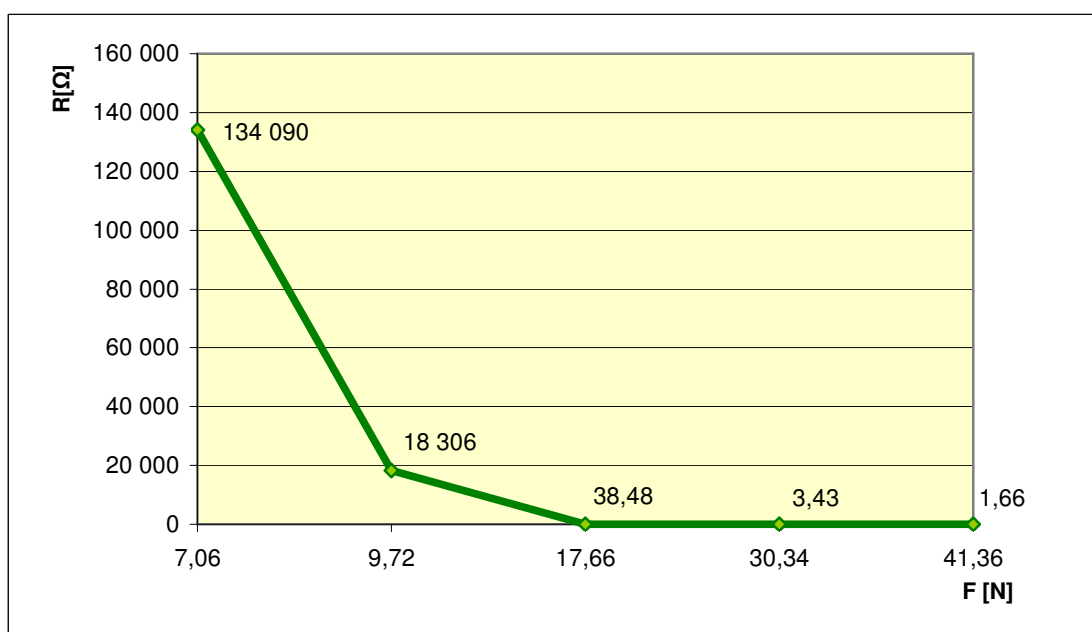
Číslo vzorku	Nast. síla [N]	Okamž. síla [N]	Výsledky měření [Ω]							
			8	9	10	11	12	13	14	15
1	10	7,3	105 200	100 020	94 350	90 370	88 490	86 660	83 970	82 010
2	10	7,0	103 430	78 220	72 410	66 570	63 670	60 470	57 360	50 670
3	10	7,7	103 400	96 200	90 080	85 320	83 760	81 980	78 910	76 010
4	10	6,8	352 100	336 230	320 700	299 000	292 000	284 190	269 400	260 100
5	10	6,5	438 700	357 880	325 590	298 040	260 050	238 260	217 930	201 660
Průměr:		7,06	220 566	193 710	180 626	167 860	157 594	150 312	141 514	134 090
1	15	10,3	8 200	7 810	7 460	7 230	6 950	6 750	6 630	6 470
2	15	9,3	23 650	21 500	19 870	18 620	17 700	16 340	15 800	15 200
3	15	10,0	42 900	35 970	34 090	34 120	33 500	32 610	32 400	32 100
4	15	9,4	44 850	40 470	36 570	33 920	32 300	31 710	30 300	30 000
5	15	9,6	24 990	20 730	18 170	17 080	10 960	9 570	8 770	7 760
Průměr:		9,72	28 918	25 296	23 232	22 194	20 282	19 396	18 780	18 306
1	30	18,8	41,50	37,37	36,61	36,12	35,51	35,25	34,82	34,50
2	30	17,0	70,27	64,22	61,68	59,48	58,03	56,60	55,92	54,78
3	30	17,3	37,81	35,60	35,22	34,94	34,73	34,25	33,78	33,21
4	30	17,4	45,73	44,70	40,79	39,41	38,48	29,22	21,14	20,76
5	30	17,8	61,77	58,83	55,27	53,47	52,08	50,80	50,02	49,14
Průměr:		17,66	51,42	48,14	45,91	44,68	43,77	41,22	39,14	38,48
1	60	30,0	2,89	2,83	2,81	2,78	2,76	2,74	2,71	2,70
2	60	29,3	3,46	3,41	3,33	3,28	3,22	3,17	3,12	3,09
3	60	31,1	3,77	3,69	3,64	3,45	3,40	3,37	3,34	3,31
4	60	29,5	2,38	2,34	2,32	2,30	2,23	2,20	2,20	2,18
5	60	31,8	6,09	6,03	5,98	5,96	5,92	5,90	5,88	5,87
Průměr:		30,34	3,72	3,66	3,62	3,55	3,51	3,48	3,45	3,43
1	90	40,5	0,97	0,96	0,95	0,94	0,95	0,94	0,94	0,93
2	90	41,7	1,28	1,26	1,25	1,24	1,24	1,23	1,23	1,22
3	90	41,5	1,46	1,44	1,43	1,42	1,42	1,41	1,41	1,41
4	90	41,6	1,86	1,83	1,80	1,77	1,73	1,70	1,67	1,66
5	90	41,5	3,24	3,19	3,16	3,13	3,11	3,90	3,80	3,07
Průměr:		41,36	1,76	1,74	1,72	1,70	1,69	1,84	1,81	1,66

Tabulka č. 1 – 2. část

Hodnoty závislosti průměrného odporu vzorků na průměrné působící síle jsou uvedeny v grafu č. 1. Křivka v něm zobrazuje hodnoty průměrného okamžitého odporu. Graf číslo 2 ukazuje hodnoty odporu po 7,5 minutách měření (v tabulce to odpovídá 15. měření). Hodnoty křivek klesají řádově, což snižuje přesnost grafů.

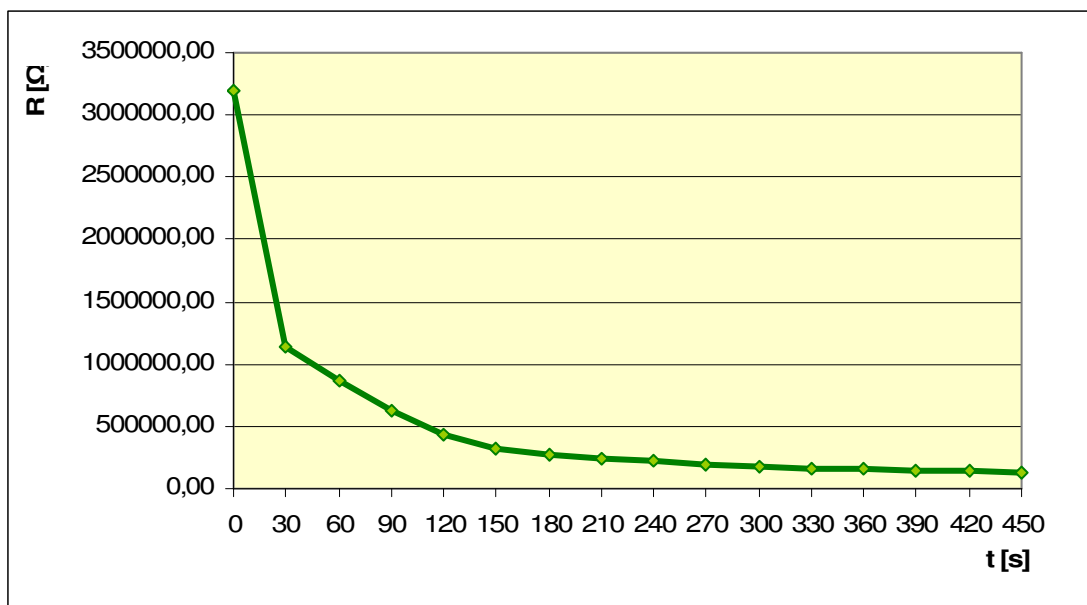


Graf č. 1: Závislost průměrného okamžitého odporu na působící síle

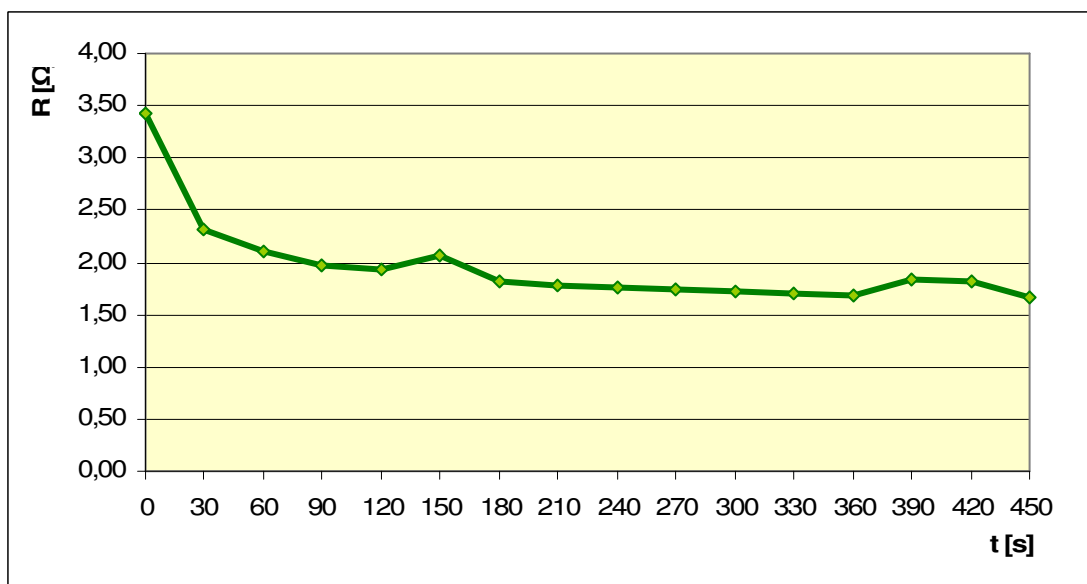


Graf č. 2: Závislost průměrného ustáleného odporu na působící síle

Změna odporu v průběhu času není lineární a není u všech hodnot stlačování stejná. Při průměrném zatížení 41,36 N je rozdíl mezi okamžitým odporem a poslední hodnotou mnohem menší, než při průměrném zatížení 7,06 N. Při menším zatížení (7,06 N) je průměrný okamžitý odpor 23,8× větší než průměrná poslední hodnota a při větším zatížení je to pouze 2,07krát, což lze vidět i z grafů č. 3 a 4.



Graf č. 3: Změna odporu v průběhu času při průměrném zatížení 7,06 N



Graf č. 4: Změna odporu v průběhu času při průměrném zatížení 41,36 N

Výsledky vyšly dle předpokladů, hodnoty se pohybovaly v předpokládaném rozmezí. Jelikož byly výsledky odečítány přímo z ohmmetru, jehož hodnoty se proměňovaly velmi rychle, je možné připustit drobné odchylky. Hodnoty síly byly vybrány na základě toho, že výrobce uvádí jako běžné funkční rozmezí sil cca 0,1 až 60 N a odpor od méně než 1 do deseti miliónů ohmů. [12] Při ustálení síly na 5 N se naměřené hodnoty odporu pohybovaly mimo rozsah měřicího zařízení. Největší naměřený okamžitý odpor měl hodnotu 5 730 000 Ω a nejmenší naměřený odpor 0,93 Ω po ustálení.

7. USPOŘÁDÁNÍ ODĚVU

Pro využití na textilní klávesnice je materiál QTC teoreticky možno umístit na všechna místa oděvu. Vzhledem k tomu, že není závislý na fyziologických funkcích nositele nebo umístění vnitřních orgánů těla, nemusí se provádět praktické zkoušky jeho umístění. Není tedy nutné materiál fixovat k určitým místům těla.

Materiál je vhodné začlenit do panelů s elektrickými vývody, podobně jako je tomu u materiálu ElekTex na obrázku číslo 8. Ty jsou umístěny pod vrchní látkou oděvu. Z panelu by vedl kabel, který by se propojil s mobilním telefonem nebo jiným zařízením. Obrázek č. 50 znázorňuje toto uspořádání v bundě nebo mikině. Pro praváky je ovládací panel umístěn na hřbetu levé ruky a pro leváky naopak. Uzpůsobené kabely vedou rukávem a v místě u podpaží se shýbají dolů na hrudník, kde je v kapse umístěné elektronické zařízení. Od něj také vedou sluchátka. Přenos informací by mohl být i na základě Bluetooth.



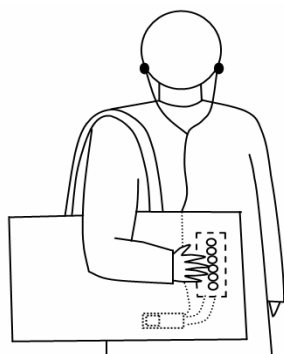
Obr. 50: Uspořádání oděvu [90]

Protože se panel ovládá rukou, je základním požadavkem to, aby na něj uživatel pohodlně dosáhl a mohl ho kontrolovat očima. Měl by se brát ohled také na to, aby poskytovala část těla, nad kterou se panel nachází, dostatečnou oporu pro ovládání textilních tlačítek. Z těchto požadavků vychází nejlépe právě umístění na hřbetu ruky, protože je dostupné, kosti na ruce poskytují pevný podklad a uživatel si může ruku přiblížit k očím, aby na panel lépe viděl. Z jiných míst na těle se nabízí ještě horní přední část paže, pro kterou by bylo zapotřebí kratší kabeláže. Uživatel však musí hodně natáčet hlavu, což by mohlo být při častějším ovládání nepříjemné. Posledním navrženým řešením začlenění materiálu QTC jako klávesnice do oděvu je umístění panelu na přední část stehna, přibližně v místě přední kapsy kalhot. Uživatel by mohl ovládat panel za chůze se svěšenou rukou. Toto místo však nelze tolik kontrolovat

očima, proto by mohla být mezi tlačítka vystouplá místa, která by sloužila jako značky pro hmatovou orientaci a člověk by tak se na ovládací panel ani nemusel dívat.

Od panelu by vedly kabely vnitřní částí kalhot po boční straně stehna. Ústily by do zadní kapsy, kde by se propojily se zařízením. Problémem tohoto uspořádání je však shrnování látky kalhot při chůzi a nepohodlné sedání s elektronickým zařízením v zadní kapse. Nejlépe ze všech možností tedy vychází umístění na hřbetu ruky.

Kromě oděvů se klávesnice z QTC mohou umístit do oděvních doplňků. U rukavic by se muselo využít technologie Bluetooth, neboť není kam umístit ovládané elektronické zařízení. U pásků by kabely mohly vést opět do zadní kapsy kalhot.



Obr. 51: Umístění textilních klávesnic na kabelce [obrázek: autorka]

Kabelky jsou jednou z dalších možných významnějších aplikací. Ovládací tlačítka jsou v přední části kabelky (obr. 51), kam se dá pohodlně dosáhnout rukou a zařízení je umístěno uvnitř. Pro ovládání se nemusí z kabelky vyndávat.

Závěr

Cílem této práce bylo vymezit oblasti využití nositelné elektroniky a popsat nejdůležitější a nejzajímavější aplikace posledních let. Díky znalosti stávajících produktů je tak možné lépe určit možnost budoucího vývoje této oblasti.

Praktická část práce se věnuje zkouškám materiálu Quantum Tunnelling Composite od firmy Peratech. Experimentálně tak byla ověřena jeho základní vlastnost, a to, že jeho vodivost je proměnná v závislosti na míře stlačení. Vzorky byly umístěny do trhačky mezi dvě měděné destičky a bylo na ně působeno různými silami. Naměřený odpor se při nižších velikostech působící síly exponenciálně zvyšoval, při působení vyšších sil nebyly rozdíly tak výrazné. Tento materiál se může použít v řadě aplikací, od zdravotnických pomůcek přes kreslicí tabule po textilní klávesnice používané například ve vesmírných skafandrech, ale i běžných oděvech.

Hlavním plusem a hnacím motorem výrobků nositelné elektroniky do budoucnosti je to, že lidem zkvalitňují život. Senzory v nich obsažené snímají funkce lidského těla, upozorňují na nebezpečí a tím mohou nejen zkvalitnit, ale i prodloužit nebo zachránit život nositeli. Dlouhodobě nemocní lidé nemusí ležet v nemocnici, neboť jejich životní funkce sledují lékaři na dálku.

Oděvy chrání nositele při bojových akcích a riskantních povoláních. Vojáci nebo záchranáři, kteří riskují svůj život pro záchranu ostatních se tak nemusí tolik bát o svůj vlastní. Oděvy detekují škodlivé látky v okolí a v případě poranění vysílají informace do střediska, díky čemuž se vojákům dostane brzká pomoc.

Lidé od svých oděvů žádají stále větší pohodlí, což jim ve vysoké míře může umožnit propojení s elektronikou. Touha po luxusním zboží zvyšuje poptávku po elektronické obuvi a podobných vymořencích doby. S novými technologiemi a snižováním cen budou elektronické textilie pronikat i k lidem z méně bohatých vrstev společnosti a nacházet širší spektrum uplatnění.

Je ještě spousta věcí, které by se mohly při kombinaci textilu a elektroniky zlepšit. Pratelnost elektronických komponent, jejich rozměry, ohebnost, fyziologické vlastnosti, mechanické spojování textilu a elektroniky nebo cenová dostupnost produktů. Dle mého názoru je však již poměrně blízko doba, kdy budou tyto oděvy a výrobky natolik běžnými a tuctovými záležitostmi, pro srovnání jako je pro nás dnes

třeba mobilní telefon. Po svém uvedení na trh byl drahou a „zbytečnou“ záležitostí, dnes na jeho praktičnost nedá dopustit velká část lidské populace.

Ve světě v poslední době vznikají nové výzkumné společnosti, které se zabývají nositelnou elektronikou. Oděvy jsou prezentovány na veletrzích a festivalech. Jednotlivé firmy pořádají workshopy, kde se lidé mohou seznámit s podstatou materiálů a naučit se elektronické textilie vyrábět. Na školách po celém světě také existují obory zaměřené na interaktivní design, jejichž absolventi přinášejí na pole nositelné elektroniky nové nápady a inovativní designy. V České republice však neexistují významnější firmy zabývající se touto oblastí a informace o nositelné elektronice zde nejsou rozšířené. Z toho důvodu tato práce čerpá převážně z cizojazyčné literatury. Vzhledem k tomu, jak slibnou budoucnost má nositelná elektronika podle odborníků, stálo by za to, aby se u nás této oblasti věnovala větší pozornost. Větší financování výzkumu státem by mohlo pomoci při vývoji nových technologií a naše firmy by se tak i v tomto odvětví mohly zařadit po bok významných světových institutů.

Oblast nositelné elektroniky je velmi rozsáhlá a každou chvíli vznikají nové technologie. Doufám, že tato práce podá ucelený přehled o aktuálních možnostech kombinace textilu a elektroniky a potenciálu jejich využití.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE VYOBRAZENÍ :

- [1] MILITKÝ, Jiří. Technické textilie : Vybrané kapitoly. 2. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2007. 238 s. ISBN 978-80-7372-170-1
- [2] MANN, Steve. Definition of "Wearable Computer" [online]. 1998 [cit. 2008-12-11]. Dostupný z WWW: <<http://wearcam.org/wearcompdef.html>>.
- [3] DRAŠAROVÁ, Jana. Co umí textil? [online]. [2003] [cit. 2009-12-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.ft.vslib.cz/clutex/data/HOSPIMedica/01Drasarova.pdf>>.
- [4] VAN LANGENHOVE, Lieva, HERTLEER, Carla. Smart clothing: a new life. International Journal of Clothing Science and Technology [online]. 2004, vol. 16, is. 1/2 [cit. 2009-12-20], p. 63-72. Dostupný z WWW: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=621611041&sid=2&Fmt=6&clientId=46402&ROT=309&VName=PQD>>. ISSN 0955-6222.
- [5] Současný stav v oboru inteligentních a interaktivních textilií [online]. 2007 [cit. 2008-12-11]. Dostupný z WWW: <www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/Stav.doc>.
- [6] ŠESTÁK, Jaroslav, et al. Speciální technologie a materiály. 1. vyd. Praha : Academia, 1993. 688 s. ISBN 80-200-0148-4.
- [7] NAKAD, Zahi, et al. Using electronic textiles to implement an acoustic beamforming array: A case study. Pervasive and Mobile Computing [online]. 2007, no. 3 [cit. 2008-12-11], s. 581-606. Dostupný z WWW: <[doi:10.1016/j.pmcj.2007.02.003](https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2007.02.003)>. ISSN 1574-1192.
- [8] FEJFAROVÁ, Kateřina. Studie možnosti vytvoření inteligentního oděvu detekujícího úraz osoby. Liberec, 2007. 64 s. Diplomová práce.
- [9] Microelectromechanical systems [online]. 2009 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical_systems>.
- [10] Musical Jacket Project [online]. [1998] [cit. 2009-01-05]. Dostupný z WWW: <<http://opera.media.mit.edu/levis/>>.
- [11] POST, E.R., et al. E-broidery: Design and fabrication of textile-based computation. IBM Systems Journal [online]. 2000, vol. 39, no. 3&4 [cit. 2009-01-05]. Dostupný z WWW: <<https://www.research.ibm.com/journal/sj/393/part3/post.html>>. ISSN 0018-8670.
- [12] Peratech [online]. c2009 [cit. 2009-01-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.peratech.com/>>.
- [13] QTC : Quantum Tunnelling Composite [online]. c2008 [cit. 2009-01-12]. Dostupný z WWW: <http://www.tep.org.uk/millennium_smart_qtc.html>.
- [14] CONNOLLY, Christine. Switches and pressure sensors benefit from novel composite material. Sensor Review [online]. 2004, vol. 24, is. 3 [cit. 2009-01-12], s. 261. Dostupný z WWW: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=679668271&sid=2&Fmt=4&clientId=46402&RQT=309&VName=PQD>>. ISSN 02602288.

- [15] Peratech; The Upcoming Technology of RFID for Contactless Access Control, Passports and Credit Cards is Too Easy to Compromise Warns Peratech. Entertainment Newsweek [online]. 2008 [cit. 2009-01-12], s. 127. Dostupný z WWW: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1551561411&sid=2&Fmt=3&clientId=46402&RQT=309&VName=PQD>>. ISSN 1944-1681.
- [16] MEOLI, Dina. INTERACTIVE ELECTRONIC TEXTILES.: [s.l.], 2002. [cit. 2009-01-15] 119 s. Diplomová práce. Dostupný z WWW: <<http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-05212002-104138/unrestricted/etd.pdf>>.
- [17] Eleksen : a peratech company [online]. [2009] [cit. 2009-01-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.eleksen.com/>>.
- [18] Tactex Controls Inc [online]. c2007 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.tactex.com/>>.
- [19] POLISHUK, Paul. Plastic optical fiber builds on MOST success. Laser Focus World [online]. 2006, vol. 42, is. 3 [cit. 2009-03-21], s. 57-60. Dostupný z WWW: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1022888791&sid=1&Fmt=4&clientId=46402&RQT=309&VName=PQD>>. ISSN 10438092.
- [20] POST, E.R., ORTH, Maggie. Smart Fabric, or Washable Computing [online]. [1997] [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://web.media.mit.edu/~rehmi/fabric/>>.
- [21] MAHONEY, P. Something up the sleeve. Machine Design International [online]. 2006, vol. 78, no. 18 [cit. 2009-04-12], s. 100-107. Dostupný z WWW: <<http://machinedesign.com/article/something-up-the-sleeve-0928>>. ISSN 0024-9114 .
- [22] Audex™ Jacket Series [online]. c1994-2009 [cit. 2009-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.motorola.com/motoinfo/product/details.jsp?globalObjectId=168>>.
- [23] BERGLIN, Lena. *Wanted - a textile mobile device* [online]. 2005 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <http://www.cs.chalmers.se/idc/publication/pdf/berglin_wanted.pdf>.
- [24] BERGLIN, Lena, ELLWANGER, Marion. Position Paper on Smart Gloves: Smart Glove Statement regarding Skin, Body and Touch. *Technical Report* [online]. 2006, no. 33 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <http://www.tzi.de/fileadmin/resources/publikationen/tzi_berichte/TZI-Bericht-Nr._33-.pdf>.
- [25] *Smart Textiles* [online]. [2008] [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.smarttextiles.se/eng/industrial/>>.
- [26] *Georgia Tech Wearable Motherboard™* [online]. [1996] [cit. 2009-02-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.gtwm.gatech.edu/gtwm.html>>.
- [27] *Ofseth : Sudden Infant Death Syndrom (SIDS)* [online]. c2007 [cit. 2009-02-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.ofseth.org/spip.php?article15>>.

- [28] *VivoMetrics* [online]. c2009 [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.vivometrics.com/>>.
- [29] *University develops smart bra for breast cancer screening* [online]. 2007 [cit. 2009-03-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.bolton.ac.uk/News/News-Articles/2007/Oct2007-1.aspx>>.
- [30] *Heart Rate Monitor Sports Bra* [online]. c2009 [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.numetrex.com/about/heart-rate-monitor-sports-bra>>.
- [31] *NuMetrex HeartBra with NuMetrex Transmitter* [online]. [2009] [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <<https://www.trinowfitness.com/en/NuMetrex-Bra-with-Transmitter.html>>.
- [32] *MEMSWear I* [online]. [2006] [cit. 2009-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.ehs-sg.org/MEMSWearI.htm>>.
- [33] PO, Samuel Ng Choon , et al. Overview of MEMSWear II – Incorporating MEMS. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2006, vol. 30, no. 1 [cit. 2009-04-09], s. 1079-1085. Dostupný z WWW: <http://www.iop.org/EJ/article/1742-6596/34/1/178/jpconf6_34_178.pdf?request-id=138edb7f-a5be-458e-bfb6-f8e5b926e8a9>. ISSN 1742-6596.
- [34] *Cybergloves® : CyberGlove® II Wireless Data Glove* [online]. [2008] [cit. 2008-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.metamotion.com/hardware/motion-capture-hardware-gloves-Cybergloves.htm>>.
- [35] *CyberGlove II : Wireless Glove* [online]. c2005 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <http://www.inition.co.uk/inition/pdf/vrgloves_immersion_cyberglove2.pdf>.
- [36] *European Union Negotiates Wearable Health* [online]. 2003 [cit. 2008-12-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.smartex.it/Press/ATSP%20on%20line%20Cancun.pdf>>.
- [37] *Wealthy - Wearable Health Care System* [online]. 2006 [cit. 2008-12-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.wealthy-ist.com/>>.
- [38] *Wealthy* [online]. [2006] [cit. 2009-12-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.smartex.it>>.
- [39] SVRŠEK, Jiří. *Z historie elektrokardiografie* [online]. 2002 [cit. 2009-12-08]. Dostupný z WWW: <<http://natura.baf.cz/natura/2004/6/20040602.html>>.
- [41] *12 Lead E.C.G. Field Diagnosis Made Easy* [online]. 1997 [cit. 2009-12-08]. Dostupný z WWW: <http://www.publicsafety.net/12lead_dx.htm>.
- [42] *Theoretical Basis of the EKG* [online]. [cit. 2008-12-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.technion.ac.il/~eilamp/EKGprecordial.html>>.
- [43] *MyHeart* [online]. c2003-2008 [cit. 2009-12-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.hitech-projects.com/euprojects/myheart/home.html>>.
- [44] *Biotex – smart wound dressing using integrated biosensors* [online]. c2008 [cit. 2008-12-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.csem.ch/corporate/Report2007/biotex2007.htm>>.

- [45] *PROeTEX : Advanced e-textiles for firefighters and civilian victims* [online]. [2006] [cit. 2008-12-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.proetex.org/>>.
- [46] *Project Description: OFSETH in short* [online]. c2007 [cit. 2008-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ofseth.org/>>.
- [47] *ConText : Contactless sensors* [online]. c2006-2008 [cit. 2008-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.context-project.org/>>.
- [48] *Stella* [online]. 2007 [cit. 2008-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.stella-project.de/>>.
- [49] *VerbForShoe* [online]. 2008 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.verbforshoe.com/beta4/>>.
- [50] SHERWOOD, James. *Americans offered smart footwear* [online]. 2008 [cit. 2008-04-03]. Dostupný z WWW: <http://www.reghardware.co.uk/2008/05/06/verb_for_shoe_trainers/>.
- [51] *Tuning your body* [online]. 2008 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW: <http://www.design.philips.com/shared/assets/design_assets/downloads/news/Tuning_your_body_080402.pdf>.
- [52] *Shake it all about : Textiles bring good vibrations to the fight against stress* [online]. 2002 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.inteletex.com/FeatureDetail.asp?PubId=4&NewsId=1228>>.
- [53] *Massaging clothes* [online]. 2004 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW: <http://beverlytang.com/beverlytang/fashion/massaging_clothes/>.
- [54] *North Face Met 5 Jacket with Polartec Heat technology* [online]. 2006 [cit. 2009-04-13]. Dostupný z WWW: <http://www.ubergizmo.com/15/archives/2006/01/north_face_met.html>.
- [55] *Clothes are Getting Smarter* [online]. 2007 [cit. 2009-04-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.crunchwear.com/clothes-are-getting-smarter/>>.
- [56] *TeTRInno SmarTEX* [online]. [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.exavik.cz/katalogceskypreklad.pdf>>.
- [57] *Philips Lumalive* [online]. 2004-2009 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.lumalive.com/>>.
- [58] Garments that communicate go into production. *Laser Focus World* [online]. 2006, vol. 42, no. 10 [cit. 2009-04-16], s. 37-38. Dostupný z WWW: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1160274721&sid=1&Fmt=3&clientId=46402&RQT=309&VName=PQD>>. ISSN 10438092.
- [59] ŠTÁVORSKÝ, L'ubo. *Unikátní novinka v oblasti textilu?!* [online]. 2007 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <http://www.czechcomputer.cz/art_doc-97E39BD793637959C125726B00505898.html>.
- [60] *Luminex* [online]. 2003-2006 [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.luminex.it/index.html>>.

- [61] *Puddle Jumper* [online]. [2008] [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.mintymonkey.com/puddlejumper_p1.html>.
- [62] *Luminescent Raincoat* [online]. 1990 [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://acg.media.mit.edu/people/elise/glow/>>.
- [63] *CuteCircuit* [online]. 2004-2008 [cit. 2009-1-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.cutecircuit.com/>>.
- [64] *Tic Tac Textiles* [online]. [2005] [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.tii.se/reform/projects/itextile/tictactextiles.html>>.
- [65] WORBIN, Linda, et al. *Tic Tac Textiles* [online]. [2005] [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.worbin.com/linda/assets/files/publications/TIC.pdf>>.
- [66] *XS Labs* [online]. [2005] [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.xslabs.net/>>.
- [67] *Solar Cell* [online]. 2009 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell>.
- [68] *Zegna Sport : Solar Ski-JKT* [online]. [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <http://aw.zegna.com/iconproducts/solarski/pdf/SolarJKT_en.pdf>.
- [69] *Illum – Cycling jacket with a twist* [online]. 2009 [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.pdd.co.uk/en/work/consumer/illuminated_jacket/>.
- [70] *Illum Concept jacket* [online]. [2009] [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.gooseuk.com/>>.
- [71] *Noon Solar* [online]. c2008 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.noonsolar.com/>>.
- [72] *O-Range* [online]. [2009] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.o-range.com/english/>>.
- [73] *Sunload* [online]. c2008 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.sunload.de/>>.
- [74] *Eclipse Solar Gear* [online]. c2009 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.eclipsesolargear.com/>>.
- [75] SKEENS, Nick. *Design against Crime case studies* [online]. 2002 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <www.designcouncil.org.uk/en/Design-Council/3/Publications/Evidence/>.
- [76] *Know Where Jacket* [online]. 2008 [cit. 2009-04-21]. Dostupný z WWW: <http://interactive-wear.de/cms/front_content.php?idcat=58>.
- [77] STRICKLAND, Jonathan. *How Fabric Displays Work* [online]. c1998-2009 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/fabric-display1.htm>>.

- [78] LISZEWSKI, Andrew. *Philips Applies For Furry Displays Patent* [online]. 2007 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.ohgizmo.com/2007/04/23/philips-applies-for-furry-displays-patent/>>.
- [79] *Sonic Fabric* [online]. [2008] [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.sonicfabric.com/>>.
- [80] *Alice & Jeanette Santoro /// Sonic Fabric /// 2005* [online]. 2005 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.mediaruimte.be/coco/2006/alice-jeanette-santoro-sonic-fabric-2005/>>.
- [81] *Unravel: the SIGGRAPH2006 Fashion Show* [online]. 2006 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <http://web.media.mit.edu/~amanda/unravel/sigfashiondes_lores.pdf>.
- [82] *Solestrom SmartSwim UV Meter Bikini* [online]. 2006 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.crunchwear.com/solestrom-smartswim-uv-meter-bikini/>>.
- [83] *Solestrom SmartSwim™ UV Intensity Bikini* [online]. c2009 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <http://www.solestrom.com/shop/index.php?main_page=product_info&cPath=6&products_id=66>.
- [84] *No contact : Clothing for women* [online]. c2006 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.no-contact.com/>>.
- [85] *IPV Clothing System : Intimat Partner Violence Clothing System* [online]. c2006 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://web.media.mit.edu/~awhiton/>>.
- [86] *CleverTex : Development of a strategic Master Plan for the transformation of the traditional textile and clothing into a knowledge driven industrial sector by 2015 : Set of possible scenarios* [online]. [2008] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <www.clevertex.net/Image/documents/Scenario.pdf>.
- [87] GUERMONPREZ, Philippe. *Clevertex SSA : Development of a strategic Master Plan for the transformation of the traditional textile and clothing into a knowledge driven industrial sector by 2015* [online]. [2008] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/mnd/clevertex-resu-sfit_en.pdf>.
- [88] LAUTERBACH, Christl, et al. *'Smart Clothes' Self-Powered by Body Heat* [online]. 2002 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <http://www.future-shape.com/publications_lauterbach/BodyHeatAvantex2002.pdf>.
- [89] *QTC (Quantum Tunnelling Composite)*. [s.l.] : Middlesex University Teaching Resources, [2006?]. 3 s. Prospekt.
- [90] *Made-for-iPod* [online]. [2008] [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.qiosystems.com/mfi.html>>.